
بسم الله الرحمن الرحيم



مطبوعات أكاديمية المملكة المغربية
سلسلة "الدورات"

التدابير التي ينبغي اتخاذها والوسائل اللازم تعبئتها في حالة وقوع حادثة نووية

الدورة 11 - باريس 13-14 شوال 1407 / 10-11 يونيه 1987

أكاديمية المملكة المغربية

شارع الامام مالك ــ ص.ب 1380
الرباط ــ المملكة المغربية

الإيداع القانوني رقم 241 / 1988

مطبعة النجاح الجديدة
الدار البيضاء

أعضاء
أكاديمية المملكة المغربية

الحاج محمد باحنيني المملكة المغربية
ليوبولد سيدار سنغور السينغال
هنري كيسنجر و م الأمريكية.
محمد الفاسي المملكة المغربية
موريس دريون : فرنسا
عبد الله كنون . المملكة المغربية
نيل أرمسترونغ : و م.الأمريكية
ع اللطيف بن عبد الجليل المملكة المغربية
إدغار فور : فرنسا
محمد إبراهيم الكتاني المملكة المغربية
إيميليو كارسيا كوميز المملكة الاسبانية
عبد الكريم غلاب المملكة المغربية
أوطو دوهابسبورغ النمسا
عبد الرحمن الفاسي . المملكة المغربية
جورج فوديل فرنسا
ع الوهاب ابن منصور المملكة المغربية
محمد عزيز الحبابي : المملكة المغربية
هوان كسيانغ الصين
محمد الحبيب ابن الخوجة : تونس
محمد ابن شريفة المملكة المغربية

أحمد الأخضر غزال : المملكة المغربية
عبد الله عمر نصيف م ع السعودية
ع العزيز بن عبد الله : المملكة المغربية
أحمد عبد السلام الباكستان
عبد الهادي التازي : المملكة المغربية
فؤاد سزكين تركيا
محمد بهجة الأثري العراق
عبد اللطيف بربيش المملكة المغربية
محمد العربي الخطابي المملكة المغربية
برناردان كانتين الفاتيكان
المهدي المنجرة : المملكة المغربية
أحمد الضبيب : م.ع السعودية
محمد علال سيناصر المملكة المغربية
أحمد صدقي الدجاني : فلسطين
محمد شفيق المملكة المغربية
لورد شالفونت . المملكة المتحدة
محمد المكي الناصري : المملكة المغربية
عبد اللطيف الفيلالي المملكة المغربية
احمد مختار امبو . السينغال
أبو بكر القادري : المملكة المغربية

الحاج احمد ابن شقرون المملكة المغربية
عبد الله شاكر الكرسيفي : المملكة المغربية
جان برنار : فرنسا
أليكس هالي : و م.الأمريكية
روبير امبروجي . فرنسا
عزالدين العراقي المملكة المغربية
ألكسندر دومارانش : فرنسا
دونالد فريدريكسن : و.م.الأمريكية
عبد الهادي بوطالب المملكة المغربية
إدريس خليل . المملكة المغربية
رجاء كارودي : فرنسا
عباس الجراري : المملكة المغربية
بيدرو راميرز فاسكيز : المكسيك
الحاج أحمد أحيجو الكامرون
بوريس بيتروفسكي . الاتحاد السوفيتي
محمد فاروق النبهان : المملكة المغربية
عباس القيسي : المملكة المغربية
عبد الله العروي : المملكة المغربية
عبد الله الفيصل م.ع.السعودية.
روبي جان ديبوى . فرنسا

الأعضاء المراسلون

ألفونسو دولاسرنا المملكة الاسبانية
شارل ستوكتون و م الأمريكية
ريشار ب.ستون و م.الأمريكية
م هداية الله الهند

أمين السر الدائم : عبد اللطيف بربيش
أمين السر المساعد : محمد العربي الخطابي
مدير الجلسات : عزالدين العراقي

لجنة الأعمال : عبد اللطيف بربيش — محمد العربي الخطابي — عزالدين العراقي
محمد ابن شريفة — محمد المكي الناصري — إدريس خليل.

اللجنة الادارية : عبد اللطيف بربيش — محمد العربي الخطابي — محمد شفيق
أبو بكر القادري — عباس الجراري.

الادارة العلمية : مصطفى القباح

مطبوعات
أكاديمية المملكة المغربية

I ـــ سلسلة «الدورات»

- «الأزمات الروحية والفكرية في عالمنا المعاصر» بحوث موضوع دورة الأكاديمية، نونبر 1981.
- «الماء والتغذية وتزايد السكان»، القسم الأول، بحوث موضوع الأكاديمية، أبريل 1982.
- «الماء والتغذية وتزايد السكان»، القسم الثاني، بحوث موضوع دورة الأكاديمية، نونبر 1982.
- «الإمكانات الاقتصادية والسيادة الدبلوماسية»، بحوث موضوع دورة الأكاديمية، أبريل 1983.
- «الإلتزامات الخلقية والسياسية في غزو الفضاء»، بحوث موضوع دورة الأكاديمية، مارس 1984.
- «حق الشعوب في تقرير مصيرها» بحوث موضوع دورة الأكاديمية، أكتوبر 1984.
- «شروط التوفيق بين مدة الانتداب الرئاسي وبين الاستمرارية في السياسة الداخلية والخارجية في الأنظمة الديمقراطية» بحوث موضوع دورة الأكاديمية، أبريل 1985.
- «حلقة وصل بين الشرق والغرب : أبو حامد الغزالي وموسى بن ميمون» بحوث موضوع دورة الأكاديمية، نونبر 1985.
- «القرصنة والقانون الأممي» بحوث موضوع دورة الأكاديمية، أبريل 1986.
- «القضايا الخلقية الناجمة عن التحكم في تقنيات الإنجاب» بحوث موضوع دورة الأكاديمية، نونبر 1986.

II ـــ سلسلة «التراث»

- «الذيل والتكملة»، لابن عبد الملك المراكشي، السفر الثامن، جزءان، تحقيق محمد بنشريفة، عضو الأكاديمية، الرباط 1984.
- «الماء وما ورد في شربه من الآداب» تأليف محمود شكري الألوسي، تحقيق محمد بهجة الأثري، عضو الأكاديمية، مارس 1985.
- «معلمة الملحون» محمد الفاسي، القسم الأول والقسم الثاني من الجزء الأول، أبريل 1986، أبريل 1987.
- «ديوان ابن فركون» تقديم وتعليق محمد ابن شريفة، ماي 1987.

III سلسلة «ندوات ومحاضرات»

- «فلسفة التشريع الإسلامي» الندوة الأولى للجنة القيم الروحية والفكرية، 1987
- «وقائع الجلسات العمومية الرسمية بمناسبة استقبال الأعضاء الجدد» من 1401 / 1980 إلى 1407 / 1986، دجنبر 1987

IV ـــ سلسلة «المجلة»

- «الأكاديمية» مجلة أكاديمية المملكة المغربية، العدد الافتتاحي، فيه وقائع افتتاح جلالة الملك الحسن الثاني للأكاديمية يوم الإثنين 5 جمادى الثانية عام 1400 هـ، الموافق 21 أبريل 1980.
- «الأكاديمية» مجلة أكاديمية المملكة المغربية، العدد الأول، فبراير 1984.
- «الأكاديمية» مجلة أكاديمية المملكة المغربية، العدد الثاني، فبراير 1985.
- «الأكاديمية» مجلة أكاديمية المملكة المغربية، العدد الثالث، نونبر 1986.
- «الأكاديمية» مجلة أكاديمية المملكة المغربية، العدد الرابع، نونبر 1987.

الفهرس

تقديم موضوع الندوة

عز الدين العراقي
مدير الجلسات

طبقا للتوجيهات السامية لصاحب الجلالة الملك الحسن الثاني راعي أكاديميتنا، نعقد اليوم دورتنا الأولى لسنة 1987 حول موضوع «التدابير التي ينبغي اتخاذها والوسائل اللازم تعبئتها في حالة وقوع حادثة نووية».

وبمجرد إثارة هذا الموضوع يعيد إلى ذاكرتنا حادثة تيرنوبيل التي وقعت يوم 26 أبريل 1986 ووصمت تاريخ الاستعمال المدني للطاقة النووية بصورة مأساوية.

أجل، لقد أدرك العالم باندهاش منذ ذلك التاريخ أن الطاقة النووية، التي كانت تعتبر مأمونة وبالإمكان التحكم فيها، تسبب بدورها حوادث تنعكس آثارها، من حيث التلوث الإشعاعي، على عدد كبير من الدول، بما فيها تلك التي تبعد كثيرا عن موقع الكارثة.

وهكذا، فإن حادثة تشيرنوبيل، التي ظن في أول الأمر، أن أسبابها تعود إلى خلل في دورة التبريد، على غرار الحالتين السابقتين اللتين، وقعتا سنة 1957 ببريطانيا العظمى وسنة 1979 بالولايات المتحدة الأمريكية، اتضح في ضوء الداراسات التي قام بها الأخصائيون المجتمعون بڤيينا في أواخر شهر غشت 1986، أن هذه الحادثة أخطر مما كان يتصور. فقد أدى تعطل جهاز مراقبة سلامة التفاعل المتسلسل في المفاعلات السوڤياتية، وتزامنه مع هفوات بشرية، إلى تحطيم قلب المفاعل.

وقد ترتبت عن هذا الحادث نتائج مأساوية حينية أضرت بالسكان والبيئة على السواء، مع توقع حدوث انعكاسات سلبية في المستقبل، كما كشفت عن ذلك الأوساط المختصة.

ومنذ ذلك الحين، اشتدت المخاوف لدى الرأي العام الدولي، مما حدا بسلطات بعض الدول إلى فرض مراقبة إشعاعية تلقائية على الأغذية المستوردة أو المصدرة.

لكن، إذا كانت الطاقة النووية، الواسعة الاستعمال في ميادين الطب والبحث العلمي، قد أصبحت إلى جانب ذلك تساهم بنسبة% 16 تقريبا في الإنتاج الكهربائي العالمي، بل وبنسبة% 70 في بعض الدول الأوربية، وتمثل عنصرا لاغنى عنه في بعض دول العالم الثالث، فهل من شأن حادثة تشيرنوبيل أن تشكك في مستقبل استعمال الطاقة النووية ؟

إن موارد النفط والغاز ستصبح نادرة في مطلع القرن المقبل، وقد يصبح إنتاج الفحم، الذي يتزايد الطلب عليه، غير كاف، فتبقى حينئذ الطاقة النووية، الناتجة عن انشطار الذرة، المعروفة الآن، البديل الأهم والوحيد خلال نصف القرن القادم.

فاعتبارا لهذه الإسهامات الإيجابية وللاتجاهات الحالية، يبدو أن تطور الطاقة النووية قد وصل إلى نقطة اللارجوع.

وكما أوضح مؤخرا السيد «بانس بليكس» المدير العام للوكالة الدولية للطاقة النووية، فإنه ليس هناك بدّ من قبول هذا التطور، والسعي نحو تأمين التحكم بكيفية أفضل في سلامة المفاعلات، لتلافي حوادث جديدة، وللحد من أضرارها في حالة وقوعها رغم ضآلة احتمالها.

وجدول أعمل الدورة الحالية الأكاديمية المملكة المغربية، المخصصة لدراسة التدابير التي يتعين اتخاذها في حالة وقوع حادث من هذا القبيل، سيتمحور تبعا لذلك حول العناصر الآتية :

ـــ دراسة مقارنة للحوادث التي يمكن أن تنجم عن مختلف مصادر الطاقة المائية أو المتحجرة أو النووية، وآثار كل منها على تلوث البيئة.

ـــ دراسة آثار الأشعة على الإنسان.

ـــ دراسة حالتين من هذه الحوادث التي دخلت التاريخ، لما خلفته من آثار هامة على تطور الطاقة النووية.

ـــ بحث التدابير الوقائية الكفيلة مثل هذه الحوادث، وخاصة عن طريق اختيار الموقع الأكثر ملاءمة، وتأمين عمل أنظمة المراقبة والرصد الآلي باستمرار وبكيفية جيدة.

ـــ وأخيرا، التدابير التي يتعين اتخاذها في حالو وقوع حادثة.

وتجدر الإشارة إلى أن الدول التي تعرف تطورا في مجال الطاقة النووية قد وضعت مخططات للتدابير الوقائية، وأنها تنظم تداريب دورية لاستيعاب هذه التدابير في إطار نظام صارم، وبتنسيق بين مصالح الوقاية المدنية ومصالح التدخل الخاصة.

أما بالنسبة للدول السائرة في طريق النمو، والتي تستعمل الطاقة النووية بعد، فأقل مايتعين عليها القيام به، في حالة انعدام أنظمة من هذا القبيل، هو اتخاذ الإجراءات الكفيلة بترصد الإشعاعات النووية، لأن السُّحب الحاملة للأشعة لا تقف عند الحدود، وبمراقبة المواد الغذائية عند التصدير والاستيراد، لحماية السكان من استهلاك أغذية تعرضت لقدر كبير من التلوث النووي.

وفي المغرب، الذي يسير بجد نحو استعمال الطاقة النووية في أفق سنة 2000، تبعاً لمستلزمات نموه، شرعنا، بتعاون مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية، في إعداد التشريع المتعلق بالوقاية من الإشعاعات وتهييء بنيات التدخل.

وقد وافقت حكومة المملكة المغربية مؤخرا على اتفاقيتي ڤيينا المؤرختين في 26 شتنبر 1986، واللتين تتعلق أولاهما بالمساعدة في حالة وقوع حادث نووي، وثانيتهما بالتبليغ المبكر عن وقوع حادث نووي.

كما ينتظر أن يصبح المركز الوطني للطاقة والعلوم والتقنيات النووية المحدث مؤخرا، الدعامة العلمية والتقنية لمراحل إنجاز البرنامج المغربي المتعلق بإنتاج الكهرباء من الطاقة النووية. في حين تم الشروع في وضع وحدات لقياس الأشعة في مختبرات مختصة.

إنني على يقين بأننا، بأفكارنا ودراساتنا وتحاليلنا، سنساهم في وضع التدابير الكفيلة بالوقاية من حادث نووي محتمل الوقوع، وبالحد من أخطاره.

التلوث وآثاره

محمد الحبيب ابن الخوجة

منذ أكثر من عشرين عاما أيام كنت أتردد على مدينة الأنوار باريس، حيث تقوم معالم الحضارة الرائعة وتشاهد مظاهر المدنية الساحرة، طامعا في مزيد من الدرس، واكتناه أكبر للأسرار، وعيش أرغد في ظل التقدم الفكري والرقي الصناعي، كان كبار الأساتذة ممن أعرف وأهل اليسار لايمكثون طويلا بتلك المدينة التي يهوي إليها عامة الناس بأفئدتهم، ولكنهم من حين إلى آخر في أواخر الأسبوع مرة، وفي الإجازات غالبا، يستبدلون بها البراري النائية، والقرى المنعزلة، ليجددوا حياتهم إما على سواحل البحر أو بالمروج الخضراء أو في أعالي الجبال، طلبا للراحة ورغبة في بيئة ألطف ومناخ أرحم وطبيعة أزهى وهواء أنقى وماء أصفى، لم تفسد ذلك يد الإنسان الباحث عن حتفه بظلفه بما نصبه لنفسه من معامل ومصانع واستحدثه من مبتكرات ومخترعات عكر بها صفو الحياة، وبسبب حرصه على التطوير الصناعي وإرادته تحقيق أكثر مايمكن من الثروة والمكاسب المادية.

وشتان مابين البيئتين والوضعين المتقابلين بين حياة العواصم وعيشة الأرياف. وقد قيل قديما :

حُسْنُ الحضَارة مَجْلُوبٌ بِتَطْرِيَةٍ وَحُسْنها أبدا ما شَأْنُهُ كَلَفُ

هذا على الأقل ما كنا نشعر به ونحدث به النفس في الستينات ولكن

زحف المخاطر اليوم على كل الأصقاع حضرها وبدوها، جوها ويابسها ومائها، قد شل أو كاد يشل الحياة، ودفع إلى الاختناق والموت، وأصبح يهدد البيئة كلها بكل ما فيها من حيوان ونبات، وبالتالي يهدد حياة الإنسان نفسه الذي تجاهل نواميس الكون، وحادَ قوانين المحيط الذي يعيش فيه وتجاوز سلطته، وتعسف في استعمال حقه حين أساء فهم الاستخلاف في الأرض. والله سبحانه وتعالى يقول : ﴿إِنَّ اللَّهَ لاَيُغَيِّرُ مَا بِقَوْمٍ حَتَّى يُغَيِّرُوا مَا بِأَنْفُسِهِم. وَإِذَا أَرَادَ اللَّهُ بِقَوْمٍ سُوءاً فَلاَ مَرَدَّ لَهُ وَمَالَهُمْ مِنْ دُونِهِ مِنْ والٍ﴾[1]

أجل لقد كان للتقدم التكنولوجي والصناعي والحضاري جانبان بارزان : إيجابي وسلبي. وإذا حقق الأول وفرة الإنتاج وربح الوقت، واستغلال الطاقة، ودقة الصنع، وتحقيق الرفاهية والترف، فإن الجانب السلبي يتمثل في ألوان من المخاطر لايحدّ مداها لأنها باستشرائها تأتي على الأخضر واليابس وتقضي على مظاهر الحياة كلها في البيئة.

فمداخن المعامل والمصانع في البلاد الصناعية وغيرها تطلق في الجو باستمرار آلاف الأطنان من الغازات والأتربة التي تفسد الرياح المبشرات اللواقح، وتسمم الهواء بما تشحنه به من نفايات ومواد ضارة.

ومصانع محطات توليد الطاقة تصب في مياه الأنهار والبحار مقادير هائلة من المخلفات والنفايات فتسلب المياه خاصياتها التي تتكون منها الحياة وتجعلها غير قادرة على القيام بوظيفة التطهير.

والتقدم التقني في المجال الزراعي المتحقق بميكنة الزراعة واستخدام الأسمدة والمبيدات الكيمائية تنشأ عنه أيضا مخلفات ومواد غير مرغوب فيها يقع التخلص منها عادة بدفنها في الأرض أو إغراقها في البحر أو ببثها

(1) الرعد : 11.

في طبقات الجو، ويترتب على ذلك موت شامل للمحيط يعوق سير الحياة، وينشر الفساد في البيئة.

وقد تحملنا هذه الظاهرة، ومانتج وينتج عنها من آثار إلى دراسة أسبابها اتقاء لها أو تحديدا لأبعادها. وهذا في واقع الأمر ما يعنى به علماء المحيط الذين يبحثون عن طرق حمايته، ويسعون جهودهم للحد من سلبيات الصناعة والتصنيع بالوقوف والمواجهة لكل التيارات التي تجلب الفناء والدمار.

وغير خفي أن نواميس الحياة في هذا الكون الرحب قد جعلت لكل شيء قدرا فضبطت النسب في تركيب الموجودات. وحدّدت ارتباطها بعضها ببعض على وجه يحصل معه الاتساق والانسجام بينها، ويقضي تعادله حسب الضوابط المقدرة إلى تحقيق الغرض من الخلق والإيجاد.

وهذه الحقيقة العلمية التي يشهد بها رئيس أكاديمية العلوم بنيويورك الأستاذ كريسي موريسون في كتابه الإنسان لايقوم وحده[2]، والتي تقوم عليها براهين مختلفة ومتعددة نطق بها علماء الفيزياء والكيمياء والرياضيات، والتي صدع بها الشيخ الرئيس علي بن سينا من قبل في كتاب «السياسات» حين قال في وصف الدنيا : «وصحتها قسر ضداد على وزن واعداد، هي التي نطق بها القرآن الحكيم من قبل في آيات كثيرة منها قوله عز وجل : ﴿وَخَلَقَ كُلَّ شَيْءٍ فَقَدَّرَهُ تَقْدِيراً﴾.[3] وقوله سبحانه : ﴿إِنَّا كُلَّ شَيْءٍ خَلَقْنَاهُ بِقَدَرٍ﴾ [4]. ومعنى هذا التقدير أن الله تعالى حدد كل شيء، كل صغير وكل كبير، كل متحرك وكل ساكن، كل مخلوقاته في السموات والأرض على وجه يضبط حقيقته وصفته،

---

(2) راجع في ظلال القرآن : سورة الفرقان، الجزء 19 : 5، 2548.

(3) الفرقان :2

(4) القمر :49.

وحجمه وشكله ، ومقداره، وزمانه ومكانه، وتناسقه في ذاته بين مقومات عنصره، وتناسبه وارتباطه بما حوله من أشياء في هذا الوجود الكبير. وكلما قام هذا التناسق الداخلي بين عناصر الأشياء المكونة لها، وتحقق التناسب في الخارج بين الموجودات بعضها مع بعض صفت، مواكب الحياة من الخلل والاكدار، وسارت تلك الكائنات سيرا معتدلا رفيقا على حسب ماتقتضيه سنن الخلق والوجود. فإذا انحرفت في سيرها بسبب زيادة أو نقصان، أو مسها اضطراب في مقوماتها بسبب طبيعي أو بعمل الإنسان، فإنها تفسد وتنتقض، وتنعدم منها الحياة، وتصير إلى زوال. ومنشأ ذلك كله كما قرره العلماء التلوث وهو التلطخ والتفكك والتكدر.

وللتلوث صورتان لأنه إما يكون ماديا كاختلاط شيء غريب عن مكونات المادة بالمادة مما يؤثر عليها ويفسدها كتلوث الماء والهواء والتربة الصالحة للزراعة، وإما أن يكون معنويا كالذي ينتاب النفس أو الفكر أو الروح مما يكون سببا في الكدرة أو الفساد أو الضرر. والتلوث في الحالين فساد الشيء سواء كان ذلك الشيء كائنا حياً كالإنسان والحيوان والنبات، أو جسما غير حيّ كالهواء والماء والتربة[5]. وإن كل مايفسد الماء والهواء والتربة أو البر والبحر يعتبر ملوثا.

ولعل مانحن بصدده من بيان هذه الحقيقة يمكن أن يكون مرادا للآية الكريمة من سورة الروم وهي قول الله عز وجل : ﴿ظَهَرَ الفَسَادُ فِي البَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ﴾[6] وذلك بحمل الفساد الذي ظهر في البر والبحر على الفساد الذي يحدث في البيئة نتيجة لتدخل الإنسان أي بسبب ما تقترفه يداه، فيعذبه الله ببعض ما عمل من الشر والفساد حتى يكتوي بناره ويذوق

(5) راجع «القرآن الكريم وتلوث البيئة» لمحمد عبد القادر الفقي : 11.

(6) الروح : 41.

وبال أمره، فيصده ذلك إن شاء الله عما صدر منه ويقلع عن تغيير خلق الله والعيث في هذا الكون فسادا.

والمؤمنون جميعا يدركون أن الله الذي كرم الإنسان وفضّله على سائر المخلوقات بجعله في الأرض خليفة وإحاطته بألوان رعايته، نبهه إلى ضروب أنعامه عليه المتمثلة في قوله عز وجل : ﴿إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنهَارِوالفُلْك التِي تَجْرِي فِي الْبَحْرِ بِمَا يَنْفَعُ النَّاسَ وَمَا أَنْزَلَ اللَّهُ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ مَاءٍ فَأَحْيَا بِه الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَبَثَّ فِيهَا مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ وَتَصْرِيفِ الرِّياحِ والسَّحَابِ الْمُسَخَّرِ بَيْنَ السَّمَاءِ وَالْأَرْضِ لآيَاتٍ لِقَوْمٍ يَعْقِلُونَ﴾[7] ثم هو جل جلاله يعدد تلك النعم على عبده في غير ما آية فيذكر له ما سخره لابن آدم في هذا العالم الذي استخلفه فيه من طاقات، وما زوده به من الحاجات ومتطلبات الحياة. قال سبحانه : ﴿اللَّهُ الذِي خَلَقَ السَّمَوَاتِ والأَرْضَ وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجَ بِهِ مِنَ الثَّمَرَاتِ رِزْقاً لَكُمْ وَسَخَّرَ لَكُمْ الفُلْكَ لِتَجْرِي فِي البَحْرِ بِأَمْرِهِ وَسَخَّرَ لَكُمْ الأَنْهَارَ وَسَخَّرَ لَكُمْ الشَّمْسَ وَالْقَمَرَ دَآئِبَيْنِ وَسَخَّرَ لَكُمْ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ وآتاكُمْ مِنْ كُلِّ مَا سَأَلْتُمُوهُ وَإِنْ تَعُدُّوا نِعْمَتَ اللَّهِ لاَتُحْصُوهَا إِنَّ الإِنْسَانَ لَظَلُومٌ كَفَّارٌ﴾[8].

وما من شك في أن هذه الخيرات والنعم وخاصة الضروري منها الذي تتوقف عليه الحياة في هذا العالم قد جعلها الله حقا عاما مشتركا بين كل الاناسي كالماء والهواء والكلأ. ولم يخص بها جنسا أو لونا أو فئة دون أخرى فتكون حكرا عليها، بل أناط بها حقوق الآدميين والبهائم والنباتات، فلم يعد من حق أي كان أن يستبد بها أو يغيرها أو يفسدها لتعلق حق الغير بها وإلا انقطعت الحياة، ولأنها سخرت للانتفاع بها لا

(7) البقرة : 164.

(8) إبراهيم : 32 ــ 34.

لأن تكون ملكا يعرض ذواتها للاستنفاذ أو لأي سبب موجب لتعطيل النفع بها ومنها.

وأسباب التغيير والفساد وتعطيل النفع والمحق هي الملوثات بوصف عام التي تحدث وتنتشر في المحيط ويتأكد على الناس عامة وعلى العلماء خاصة القضاء عليها والحد منها.

وهي إما طبيعية وبيولوجية لا تنتج عن تدخل الإنسان كالبكتريا والفيروسات والغازات والأبخرة التي تقذف بها البراكين والانفجارات التي تحدث في الشمس وأكسيد النتروجين الحاصل من التفريغ الكهربي للسحب ثم الفطريات وانتشار الحشرات، وكل ما يسبب إصابة الإنسان بشتى الأمراض والأوبئة أو يؤدي إلى هلاك الحرث والنسل وإبادة الحقول والزرع.

واما من صنع الإنسان ومن آثار تصرفاته الطائشة غير المسؤولة التي يمليها غروره وجشعه كالملوثات الصناعية المتولدة عن حركة التصنيع مثل الغازات والأبخرة والمواد الصلبة والأتربة الناتجة كما قدمنا عن مداخن المصانع وغازات العادم التي تطلقها محركات السيارات وغير ذلك من المخلفات الناتجة عن نشاط البشر ومعيشتهم.

والملوثات الكيمائية كالمبيدات الحشرية، ومزيلات الأعشاب، والمنظفات الصناعية والمركبات والمواد المشتقة من الصناعات البترولية والمتولدة عن صناعات الغزل والنسيج والحديد الصلب والمفرقعات والأسمدة.

والملوثات الفيزيائية مثل الضوضاء والإشعاعات الذرية والتلوث الحراري ونحو ذلك[9].

وهذه الملوثات جميعها تختلط بالهواء فتفسده، وبالماء فتكدره، وبالتربة

(9) راجع محمد عبد القادر الفقي : 15 ـــ 16.

فتعريها وتجعلها صعيدا زلقا فينتشر الفساد في المحيط، وتموت الكائنات من حيوان ونبات وأناس، لما يعتريها من أمراض قاتلة، ويصيبها من علل فتاكة ومبيدة بسبب التلوث.

وتلوث الهواء ذلك المخلوط الغازي الذي يملأ الفضاء المحيط بالأرض، والذي يتركب أساسا من غازي النيتروجين والأكسجين وثاني أكسيد الكربون يكون بتوافر أي مواد صلبة أو سائلة أو غازية به بكميات تؤدي إلى أضرار فسيولوجية واقتصادية وحيوية بالإنسان والحيوان والنبات والمعدات.

وطرق تلوث الهواء عديدة تكون بالمواد الصلب المعلقة كالدخان وعوادم السيارات والأتربة بأنواعها، أو بالمواد الغازية والأبخرة السامة كالكلور وأول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت والأوزون أو بالإشعاعات الذرية الطبيعية أو بالبكتريا والجراثيم ونحوها(10).

وهكذا بعد أن كان الهواء عليلا منعشا يحمل مقومات الحياة والراحة عن طريق التنفس وينشر فيما حول الإنسان والحيوان عن طريق الرياح اللواقح كل أسباب العيش البهيج والرزق الوفير كما يوذن بذلك قول الله تعالى : ﴿وَأَرْسَلْنَا الرِّيَاحَ لَوَاقِحَ(11)﴾ ويعتبره القرآن نعمة من نعم الله وآية من آياته متمثلة في : ﴿تصريف الرياح والسحاب المسخر بين السماء والأرض(12)﴾ يفسد التلوث الهواء، وتترتب على ذلك صحيا إصابة المستنشقين له والمقيمين بمحيطه بأمراض الجهاز التنفسي والعيون، وظهور بعض أنواع السرطان، كما يسبب للناس أضرارا بالجهاز العصبي

---

(10) راجع محمد عبد القادر الفقي : 19 — 25.

(11) الحجر : 22.

(12) البقرة : 164.

وقد ينتج عن الإشعاع الذري تشوهات خلقية تظل متوارثة عبر الأجيال إن لم تسبب الموت.

ولن يقف خطر تلوث الهواء عند هذا الحد بل إنه يمتد ماديا إلى ماينتج عن التراب والضباب الذي يمتلىء به الفضاء من حسر للرؤية أرضا وجوا، وحدوث الصدا والتآكل للمباني والمعدات، وانتشار المواد الصلبة في الهواء انتشارا يحجز جزءا هاما من أشعة الشمس، وتنجم عنه زيادة في الإضاءة الصناعية.

أما الحيوانات تصيبها الموت أو العرج والكسح بسبب الفلوريدات وأملاح الرصاص وثاني أكسيد الكبريت.

والنباتات يعوقها اختزال كمية أشعة الشمس عن النمو، ويخنقها التراب والضباب والدخان والهباب. فتذوي الزهور، وتمحق المحاصيل، وتتساقط أوراق الشجر، وتؤدي الإشعاعات الذرية والانفجارات النووية إلى تعطيل الدورة الطبيعية للحياة على سطح الأرض[13].

ويتبع بدون شك تلوث الهواء تلوث الماء ذلك العنصر الذي جعل الله منه كل شيء حي، والذي سخره سبحانه لضبط درجة حرارة جسم الإنسان، وحرارة أجسام غيره من الكائنات الحية. وميزه بالقدرة على إذابة كثير من المواد والمركبات الكيميائية بحيث يعتبر الوسط المناسب للعديد من العمليات البتروكيميائية في جسم الإنسان، ولا يمكن أن يعوضه أي بديل في هذه الوظيفة. فإذا تسرب إليه مايفسده أو يغير طبيعته بتدنس المجاري والآبار والأنهار والبحار والأمطار والمياه الجوفية عن طريق المخلفات الإنسانية والحيوانية والنباتية والصناعية، وما تحمله المجاري من بكتيريا وصبغات كيميائية ملوثة، فإنه يسلب دوره ولا يبقى

---

(13) راجع محمد عبد القادر الفقي : 27. 29.

صالحا لحياة الإنسان ولا لما يحيط به من حيوان ونبات وغيرهما من الكائنات[14].

وكل ما يلوث الهواء والماء يلوث التربة الزراعية أيضا. فإن هذه الأرض التي استودعها الله أقوات عباده، وجعل منها جنات مفروشات وغير مفروشات، وتعهدها سبحانه بالمياه رعاية لها وعناية بخلقه: ﴿وَتَرَى الأَرْضَ هَامِدَةً فَإِذَا أَنْزَلْنَا عَلَيْهَا المَاءَ ٱهْتَزَّتْ وَرَبَتْ وَأَنْبَتَتْ مِنْ كُلِّ زَوْجٍ بَهِيجٍ﴾[15]، وجعلها برهانا على ربوبيته وموجبا لشكره في قوله عز وجل: ﴿الذِي جَعَلَ لَكُمُ الأَرْضَ فِرَاشاً والسَّمَاءَ بِنَآءً وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجَ بِهِ مِنَ الثَّمَرَاتِ رِزْقاً لَكُمْ فَلاَ تَجْعَلُوا لِلهِ أَنْدَاداً وَأَنْتُمْ تَعْلَمُونَ﴾[16]، تتعرض هي الأخرى لما يفقدها خصوبتها من نفايا المصانع والمزارع والمنازل، وما قد ينجم عن استخدام طرق الزراعة الحديثة التي تؤثر على تركيب التربة مثل المبيدات الحشرية والأسمدة غير العضوية فتفقدها المعادن والأملاح اللازمة لنمو النباتات، أو تفسد التركيب الكيميائي لها بحيث يقعد عن مساعدة الجذور على امتصاص الغذاء والماء الضروريين لحياتها[17].

ولعل أبرز الملوثات وأخطرها التي تشغل أفكار الناس اليوم وتثير مخاوفهم وتجعلهم في حيرة من هذا التقدم التكنولوجي الرهيب بمفاعلاته النووية واستخدام الطاقة هو الإشعاع النووي وما ينجم عنه من أخطار على الكائنات الحية جميعها. وقد فصل القول في ذلك خالد حسين أبو التين[18]، وصرح الدكتور مصطفى عباس معرفي بأن الأشعة النووية

---

(14) راجع محمد عبد القادر الفقي: 37. 41.

(15) الحج: 5.

(16) البقرة: 22.

(17) راجع محمد عبد القادر الفقي: 48 — 53.

(18) راجع كتاب الإشعاع والبيئة.

بشتى أنواعها تعتبر خطرا على الكائنات الحية، وأنه لابد من الوقاية منها والتعرض لكميات قليلة منها عند اللزوم فقط مثل حالات العلاج بالأشعة ونحوها. ثم يمضي قائلا : وكما ذكرنا فإن الأنواع الثلاثة من الأشعة النووية تعمل على تأيين الخلايا الحية المتعرضة لها، ويؤدي هذا التأيين إلى خلل في العمليات الكيميائية لهذه الخلايا مما يؤدي لضمورها وموتها أو لنموها غير العادي والذي يعرف بالأورام السرطانية[19]. وتعرض مصطفى عباس معرفي في بحثه أيضا إلى التلوث الحراري وآثاره مهيبا بالقائمين على حماية المحيط أن يحزموا أمرهم لوقاية العالم من شر هذه المحدثات وما ينجر عنها من عيث وفساد في هذا الكون يعنون له قول الله عز وجل : ﴿مَثَلُ مَا يُنْفِقُونَ فِي هَذِهِ الحَيَاةِالدُّنْيَا كَمَثَلِ رِيحٍ فِيهَا صِرٌّ أَصَابَتْ حَرْثَ قَوْمٍ ظَلَمُوا أَنْفُسَهُمْ فَأَهْلَكَتْهُ وَمَا ظَلَمَهُمُ اللَّهُ وَلَكِنْ أَنْفُسَهُمْ يَظْلِمُونَ﴾[20] كما دعاهم هو وغيره إلى وجوب السعي والحرص على إيقاف هذه الأخطار الماحقة بما يتخذونه من تدابير ويبحثون عنه من مخارج وبدائل تقي العالمين بإذن الله سوء المصير.

---

(19) مصطفى عباس معرفي كتاب «الإشعاع والبيئة» : 23. 24.

(20) آل عمران : 117.

مدى توافر أركان المسؤولية القانونية
في الحوادث النووية

محمد فاروق النبهان

من حقنا أن نفخر بما حققه عصرنا من إنجازات حضارية، ومن حق هذا الجيل أن يفاخر الأجيال السابقة، لأنه استطاع أن يسيطر على الطبيعة، وأن يحكم قبضته على أسرارها وكنوزها وقدراتها، إلا أنه لم يستطع أن يوفر الأمن للإنسان وأصبح إنسان العصر كئيبا حزينا يطارده الخوف ويسيطر عليه القلق، وكأنه في قبضة عملاق مجهول، يهدده في كل لحظة بصوته المخيف، وينغص عليه حياته وأمنه واستقراره..

والطاقة النووية هي أمل الإنسان في المستقبل في حالة نفاذ مصادر الطاقات الطبيعية أو عجزها عن تلبية طموحات الإنسان، لأنها الطاقة البديلة القادرة على الصمود في وجه التطور الحضاري، إلا أن تلك الطاقة تحمل في ثناياها أعظم الأخطار التي تهدد البشرية كلها بافناء أسباب الحياة في الأرض عن طريق الإشعاعات النووية التي تطارد كل أنواع الحياة في البيئة والمناخ والأرض والمياه والبحار والهواء والغابات..

إن خطأ يسيرا ناتجا عن قوة قاهرة أو عن خلل في أجهزة التحكم والرقابة كفيل بأن يغرق عالمنا أو جزءا منه في الظلام. وأظن أن من العبث أن نوقظ القانون لكي يطارد الجريمة في حالات الكوارث النووية، لأن المعتدى عليه وهو البشرية ستكون مشغولة بالتخفيف من آثار الكارثة أكثر من اهتمامها بحقها في البحث عن أسباب الكارثة، فلا شيء

يعوض الأضرار الناتجة عن الكوارث النووية، ومع هذا فلا خيار لنا في البحث عن المسؤوليات القانونية الناتجة عن الكوارث النووية.

وأهم أنواع المسؤوليات في موطن الكوارث النووية هي المسؤولية الأخلاقية والأدبية التي لاتدخل ضمن اختصاص القانون، لأن أساسها الذات والضمير والوجدان، والضمير الحي هو موطن هذه المسؤولية، وقضاؤه عادل وحكمه صادق، والدول كالأفراد لايمكن أن تتجاهل مسؤولياتها الأدبية في توفير أسباب الأمن والاستقرار للإنسان، عن طريق اتخاذ كامل التدابير الوقائية لمنع وقوع الحوادث النووية، والمشاركة في التخفيف من آثار الكوارث بعد وقوعها.

أما المسؤولية القانونية في مجال الكوارث النووية فتحتاج إلى نصوص قانونية تحدد مسؤوليات الدول المنشئة للمحطات النووية أو المالكة للسفن النووية، وقد أبرمت عدة اتفاقيات دولية في مجال الأنشطة النووية وأقرت تلك الاتفاقيات مسؤولية الدولة المالكة لتلك المؤسسات والسفن عن الحوادث الناتجة عن الوقود النووي والفضلات ذات الإشعاع النووي، ومن أهم تلك الاتفاقيات **اتفاقية بروكسل لعام 1962** المتعلقة بمسؤولية مشغلي السفن النووية، ونصت الفقرة الأولى من المادة الثانية من هذه الاتفاقية على مسؤولية مشغل السفن النووية عن الأضرار الناتجة عن الوقود والفضلات ذات الإشعاع النووي، وهناك **اتفاقية فيينا للمسؤولية المدنية عن الأضرار النووية لعام 1963** ونصت في الفقرة الأولى من المادة الرابعة منها على المسؤولية المطلقة لمشغل المنشأة النووية عن إثبات وقوع ضرر ناتج عن حادثة نووية.

ونلاحظ من خلال استعراض اتجاهات القانون الدولي وقرارت المحاكم الدولية أن الرأي الراجح فيما يتعلق بالمسؤولية الدولية عن الأضرار الناتجة عن تصرف بعض الدول يأخذ بمبدأ المسؤولية المطلقة عن الأضرار، دون

النظر إلى معيار الخطأ الذي يشترطه القانون المدني فيما يتعلق بتحديد المسؤولية المدنية، وذلك لأن ربط المسؤولية بالخطأ في القضايا الدولية يعرقل مهمة القضاء الدولي، لصعوبة إثبات الخطأ أو الإهمال في المشكلات الدولية.

وانطلاقا من هذا المبدأ نصت المعاهدة الدولية الخاصة بالمسؤولية الدولية عن الأضرار الناتجة عن أجسام الفضاء لعام 1971، في المادة الثانية منها على «تحمل الدولة التي تطلق جسما فضائيا المسؤولية القانونية المطلقة لدفع التعويض عن الضرر المتسبب عن ذلك الجسم، سواء على سطح الأرض أو للطائرات أثناء الطيران».

وأخذت الاتفاقيات الدولية المتعلقة بالطيران المدني[1] بمبدأ المسؤولية المطلقة عن الأضرار الناتجة عن الناقل الجوي، سواء وقع الضرر على الدول أو الأفراد، والأخذُ بمبدأ المسؤولية المطلقة يخفف من الأعباء التي تجب على من وقع عليه الضرر من المسافرين، لأن مطالبة هؤلاء بإثبات الإهمال أو الخطأ يعرقل حقوقهم في المطالبة بالتعويض عن الأضرار.

وبالرغم من أن الكوارث النووية لاتختلف من حيث الطبيعة القانونية عن الأضرار التي نصت عليها الاتفاقيات الدولية في مجال النقل الجوي، وفي مجال أجسام الفضاء فإنني سأحاول أن أبحث عن مفهوم المسؤولية القانونية في مجال الكوارث النووية، معتمدا في ذلك على مبدأ المسؤولية المدنية، ومؤكدا في نفس الوقت توافر عنصر الخطأ في تلك الكوارث.

---

(1) نصت اتفاقية روما الموقعة عام 1952 والخاصة بمسؤولية الناقل الجوي في مادتها الأولى على المسؤولية المطلقة للناقل الجوي عن الأضرار التي تلحق الأشخاص من جراء سقوط أشياء من الطائرة أثناء الطيران على الأرض، كما نصت اتفاقية غواتيمالا لعام 1971 المعدلة لاتفاقية وارسو لعام 1929 في الفقرة الأولى من المادة 17 منها على مسؤولية الناقل الجوي المطلقة تجاه المسافرين في حالة الوفاة أو الإصابات الشخصية الناتجة عن حوادث أثناء الطيران..

أساس المسؤولية القانونية

تقوم المسؤولية القانونية على أساس **الإخلال بالالتزام**، لأن الإخلال بالالتزام يؤدي إلى إلحاق ضرر بالطرف الذي جاء القانون لحمايته، فإذا كان الالتزام ناشئا عن عقد اعتبرت **المسؤولية عقدية**، وإذا كان الالتزام ناشئا عن حماية مصلحة اجتماعية كان الإخلال بها داخلا ضمن إطار المسؤولية التقصيرية[2].

والكوارث النووية مؤدية إلى أضرار كبيرة بحياة الأفراد ومصالحهم الحيوية في الأمن النفسي والبيئة النظيفة التي تمكن الأرض من العطاء، فإذا انعدمت أسباب الحياة نتيجة الكوارث النووية كانت المسؤولية واضحة على الجهة التي تسببت في إحداث الضرر..

أثر الخطأ في المسؤولية القانونية

وركن المسؤولية القانونية في مجال الكوارث النووية هو «**الخطأ**»، **ويقوم الخطأ على أساس الإخلال بالتزام قانوني يتمثل في وجوب اليقظة التامة والشاملة في حالات استخدام الأجهزة النووية، لأن مشروعية الاستخدام مرتبطة بوجوب الالتزام بحماية المصالح البشرية**، والبشرية لايمكن أن تقر لأية دولة أو مؤسسة حق القيام بأي عمل علمي يحتمل إلحاق الضرر بالمجتمع البشري مالم تتكفل تلك الدولة بضمان السلامة عن طريق بذل كامل العناية لكي يشعر الإنسان بالأمن والسلامة، والدول التي تملك الطاقة مسؤولة عن حسن استخدام تلك الطاقة وضبط محطاتها وأجهزتها، وكل ضرر ينتج عن ذلك يدخل في إطار المسؤولية القانونية التي تفرض على كل دولة أن توفر الثقة للمجتمع البشري بعدم وجود مايهدد حياته وأمنه. ولو أجاز علماء القانون الاستخدام العلمي للطاقة

---

(2) انظر «الوسيط في شرح القانون المدني» «مصادر الالتزام» للدكتور عبد الرزاق السنهوري الجزء الأول ص 858 — 880.

النووية مع احتمال وجود الأخطار المهددة للمصالح البشرية لتجاوزوا حقهم في الدفاع عن مصالح المجتمع البشري الذي لا يسمح بأي استخدام للطاقة النووية مالم يتكفل القائمون على تلك المراكز النووية بطريقة قاطعة وواضحة بتحمل كامل مسؤولياتهم القانونية في حالة وقوع أية كارثة نووية، لأن حق الضحايا ثابت في الحياة، وفي كل ما يوفر أسباب الحياة، والتلوث الناتج عن استخدام الطاقة النووية يدخل ضمن أنواع الاعتداء على حقوق الإنسان، ويجب أن تتحمل الجهة التي تسبب ذلك التلوث كامل مسؤولياتها في تعويض الأضرار الناتجة عن تقصيرها في توفير أسباب الحماية للإنسان.

والخطأ المبرر لتكوين ركن المسؤولية[3] في الكوارث النووية يقوم على الأسس التالية :

أولا : المساس بحق الإنسان في الحياة، وحق الحياة ثابت في الأديان السماوية، وهو ثابت في القوانين الوضعية، والكارثة النووية تهدد حياة الإنسان ولا يمكن أن يقبل القانون وهو معيار للحق أي مساس بحقوق الإنسان في الحياة.

ثانيا : الإخلال بالالتزام القانوني المتضمن وجوب بذل أقصى الجهود في سبيل توفير أسباب الأمن والسلامة، عن طريق اتخاذ الإجراءات الدقيقة والصارمة لضمان عدم وقوع الأخطاء.

وعلماء القانون في تفسيرهم لمفهوم الخطأ في مجال المسؤولية تخطوا النظريات التقليدية التي كانت تربط الخطأ بعدم مشروعية الفعل، وهي

(3) انظر تعريف الخطأ وآراء علماء القانون الفرنسي فيه في كتاب : «المسؤولية المدنية» للأستاذين حسين عامر وعبد الرحيم عامر ص 135.

النظرية التي أخذت عن الرومان في ربط المسؤولية بالاعتداء[4]، واتجهت المدارس القانونية الحديثة إلى **ربط الخطأ بفكرة الإخلال بالواجبات والالتزامات التي كان بالإمكان مراعاتها**[5]، وتتمثل في نظرهم بالسلوك الذي يفتقد التبصر والحذر عن طريق عدم اتخاذ الإجراءات الوقائية الضرورية التي تكفل السلامة مما يعتبر إخلالاً بالثقة المشروعة التي منحت لصاحب ذلك الحق[6].

ويجب أن نفرق في هذا المجال بين مفهوم الخطأ في أنواع السلوك الإنساني في القضايا المدنية والجنائية ومفهوم الخطأ في المسؤوليات الناتجة عن الكوارث النووية، فالخطأ في السلوك الإنساني يتمثل في إقدام الفرد على أفعال لا تتوفر له فيها القدرة والمهارة، أو لا يقوم بتوفير الرقابة الكاملة على الأشياء الخطرة التي تقع في حوزته، أما الخطأ في الكوارث النووية فيتمثل في خلل علمي ناتج عن تقصير في اتخاذ الإجراءات الوقائية، لتوفير أسباب السلامة في ذلك العمل العلمي، ولو افترضنا أن الخطأ أمر محتمل

---

(4) يرجع أساس هذا الرأي إلى ما قرره اكيليا في عهد الرومان من ربط المسؤولية بالاعتداء على مال الغير أو مايحدث من تلف للأشياء دون حق.

(5) ذهب «سافاتييه» إلى أن الخطأ هو الإخلال بواجب كان بالإمكان مراعاته، وذهب بلانيول إلى أن الخطأ هو الإخلال بالتزام سابق، ويتمثل الالتزام القانوني بما يلي :
1 ــ الامتناع عن العنف نحو الأشياء والأشخاص.
2 ــ الاحجام عن الغش أي ما من شأنه أن يخدع الغير.
3 ــ عدم قيام المرء بما يعجز عن القيام به مما يحتاج إلى قدرة ومهارة.
4 ــ عدم اتخاذ الاحتياطات الكافية كالرقابة وغيرها لمنع وقوع الأخطاء والأضرار.
وذهب كولان وهنري كابتان إلى أن العنصر المادي للخطأ الموجب للمسؤولية يتمثل في عدم سلوك مسلك التبصر والحذر الذي يجب أن يقوم به الإنسان لمواجهة احتمالات الضرر.

(6) ذهب «أمانويل ليفي» إلى أن الخطأ يتمثل في حالات الإخلال بالثقة الموضوعة فيه، لأن الآخرين يضعون ثقتهم في فرد فإذا أخل بمقتضى تلك الثقة الموضوعة فيه فهو مخطىء، لأن المفروض فيه أن يتخذ الاحتياطات الضرورية التي أنيطت به لسلامة ذلك الفعل.

في المؤسسات النووية ولو بنسبة ضئيلة، نتيجة خطأ علمي أو بشري لوجب علينا أن نمنع استخدام الطاقة النووية، لأن الخطأ إذا كان مقبولا فيما يكون خطره يسيرا فإن الخطأ لايمكن أن يكون مقبولا فيما يعم خطره البشرية بأكملها، مهددا لوجودها، ومفنيا لأسباب الحياة فيها، لأن خطأ واحدا جسيما في مجال الطاقة النووية قد يكون الخطأ الأخير في تاريخ الإنسان، ولاأظن أننا في مجال الكوارث النووية يمكننا أن نتساهل أو نتجاهل أوجه التقصير في اتخاذ الإجراءات الوقائية لمنع وقوع تلك الكوارث التي قد تسقط كل جهود الإنسان في التغلب عليها.

وان المجتمع البشري قد وضع ثقته المطلقة بالدول التي تملك القدرة على إنتاج الطاقة النووية، وأناط بها مسؤولية أمنه وسلامته، مثله في ذلك كالمسافر في طائرة وضع ثقته في الشركة التي أنتجت تلك الطائرة، وكالمريض الذي وضع ثقته بطبيبه والشركة التي أعدت الدواء، فإن أخطأ هؤلاء في اتخاذ الإجراءات الضرورية المتمثلة في التبصر والحذر والمراقبة في التشخيص والتركيب عرضوا من وثق بهم إلى الأخطار وألحقوا به أضرارا واضحة مهددة حياته وصحته وأمنه.

وان الدول التي اتجهت إلى إقامة المؤسسات النووية ملتزمة بمقتضى القانون بما التزم به الأفراد من بذل أقصى درجات العناية والرقابة على تلك المؤسسات، في نطاق المسؤولية التقصيرية، التي تقوم على أساس اعتبار الخطأ من أركان تلك المسؤولية.

ويتحقق الخطأ في المسؤولية القانونية في حالة توفر عامل التعدي، وهو الركن المادي في المسؤولية القانونية[8]، ولايشترط في التعدي أن يكون

(7) انظر «الوسيط في شرح القانون المدني» للدكتور السنهوري ص 883.

(8) تتمثل صور التعدي في نظر القانون في إحدى الصور التالية :

1 — في مخالفة نص قانوني

=

مقصودا، فالإهمال يدخل ضمن أنواع الاعتداء، كالطبيب الذي لايبذل جهده المطلوب في العمليات الجراحية، فيؤدي ذلك إلى إلحاق ضرر بالمريض، وكلما ارتفعت أهمية العمل وزادت أخطاره ارتفعت نسبة العناية المطلوبة، لأن معيار العناية معيار يرتبط بطبيعة العمل، فالعناية التي يجب أن يبذلها قائد الطائرة تختلف من حيث الأهمية عن العناية التي يجب أن يبذلها قائد السيارة، والعناية التي يجب أن توفرها الدولة في المؤسسات النووية يجب أن تكون بالغة حد النهاية إلى درجة ينعدم فيها احتمال الخطأ، لجسامة الأخطار الناتجة عن الكوارث النووية.

اشتراط الضرر في تكامل المسؤولية :

يشترط لتكامل المسؤولية القانونية في أعمال الخطأ أن تؤدي تلك الأخطاء إلى وقوع أضرار مادية أو معنوية تمس مصالح مباشرة للأفراد، وتشمل جميع أنواع الضرر الذي يصيب من وقع عليهم الضرر في جسمه أو ماله، أو في معنى من المعاني التي يحرص عليهاالناس في حياتهم كالشرف والكرامة والسمعة والشعور والعاطفة(9).

والأضرار الناتجة عن الكوارث النووية لاتحتاج إلى إثبات، لوضوح آثارها ولإمكان التحقق منها عن طريق وسائل التحليل، فحق الأفراد في الحياة ثابت، والكوارث النووية تهدد حقوقا ثابتة للأفراد في الحياة والسلامة، وتسهم في تلويث البيئة ومطاردة أسباب الحياة في الأراضي الزراعية والغابات والبحار.

= 2 — في مخالفة التزامات قانونية غير محددة
3 — في ممارسة الحق بطريقة تعسفية.
ومن أهم الالتزامات القانونية أن يمارس الإنسان حقه بطريقة معبرة عن الفطنة والتبصر (انظر «نظرية الالتزامات في ضوء قانون الالتزامات والعقود المغربي» د.مامون الكزبري ص 373. 383

(9) انظر «الوسيط في شرح القانون المدني» ج 1 ص 975.

ولعلنا نتساءل في هذا المجال عن الأضرار المتوقعة والمحتملة التي تتولد عن الكوارث النووية وهي أضرار متوقعة على وجه اليقين في بعض الأحيان، كما نتساءل في نفس الوقت عن الأضرار النفسية المتولدة عن الكوارث النووية، وماتخلفه في النفوس من مشاعر الخوف والإضطراب والقلق، وهي أضرار لاتختلف من حيث الأثر عن الأضرار المادية والأدبية التي اعترفت بها القوانين كأسباب للمسؤولية القانونية.

وفي حالة توفر رُكنيْ المسؤولية القانونية وهما الخطأ والضرر، والتأكد من العلاقة السببية بين الخطأ والضرر يثبت لكل من وقع عليه الضرر في جسده أو ماله أو أرضه أو مصالحه الحيوية التعويض الملائم الذي يرمم الأضرار الناتجة عن ذلك الخطأ، ويسعف الضحايا الذين وقع عليهم الضرر.

شروط المسؤولية القانونية

ونلاحظ في مجال الكوارث النووية أن إثبات المسؤولية القانونية يحتاج إلى توافر شرطين :

الشرط الأول : إثبات التقصير

وهذا شرط ضروري، لتوافر ركن الخطأ، والتقصير بالنسبة للمؤسسات النووية يتحقق عن طريق عدم اتخاذ كامل الإجراءات الضرورية التي تكفل سلامة هذه المؤسسات، والكارثة النووية الناتجة عن انفجار في الأجهزة التقنية من غير وجود سبب خارجي تؤكد وجود التقصير، لأن الانفجار مع انعدام الأسباب الخارجية لايمكن أن يحدث في الظروف الطبيعية إلا في حالات عدم بذل العناية الكافية، وهنا نجد أنفسنا أمام افتراض خطأ في أعمال الرقابة والصيانة، وتطالب الجهة التي أنيطت بها مسؤولية الرقابة أن تؤكد وجود عامل خارجي أسهم في

تكوين ظروف الكارثة بطريقة يستحيل معها توقع ذلك الخطر أو مقاومته.

ولعلنا نجد موطنا للقياس الفقهي من خلال تتبعنا الدقيق للأحكام القانونية التي تنص على مسؤوليات حارس الأشياء[10]، وحارس الحيوان، والأصل في الحراسة أن الحارس يلتزم قانونا بأن يجعل زمام الأمر في يده، لا يفلت منها لئلا يقع الضرر وهو محتمل لتبعة أعماله، وله مصلحة فيها، ويجب عليه أن يوفر الأسباب التي تكفل السلامة العامة، والضرر الناتج عن إفلات الأمر من يد حارسه يؤكد وجود خطأ مفترض ناتج عن عدم بذل العناية المطلوبة.

الشرط الثاني : عدم وجود قوة قاهرة :

والمراد بالقوة القاهرة أن يكون الحادث نتيجة سبب لايمكن توقعه ولا دفعه، كالكوارث الناتجة عن أسباب خارجية، كالزلازل والصواعق، ويشترط لكي تنتفي المسؤولية القانونية في حالة وقوع القوة القاهرة أن تتخذ كافة الإجراءات الوقائية التي تسهم في مقاومة القوة القاهرة، لأن من الضروري توقع تلك الأحداث، وبخاصة بالنسبة للمؤسسات النووية التي لاتحتمل أخطاء الإهمال وحسن النية وافتراض السلامة..

ويذهب بعض فقهاء القانون الفرنسي إلى التفريق بين القوة القاهرة

---

(10) اختلف علماء القانون في تحديد أساس مسؤولية حارس الأشياء :

1 ــ ذهب الفريق الأول إلى أن أساس المسؤولية هو تحمل التبعة، فمن انتفع بشيء عليه أن يتحمل مسؤوليته، إلا أنه لوحظ أن الحارس يختلف عن المالك، فالحارس لا ينتفع كالمالك.

2 ــ ذهب الفريق الثاني إلى أن أساس المسؤولية هي الخطأ المفترض، ويتمثل في إهمال الرقابة وعدم بذل العناية المطلوبة، وهذا هو الرأي الراجح والمعتمد.

والحدث الفجائي[11]، بالرغم من أن معظم النصوص القانونية لاتفرق بينهما فالقوة القاهرة تمنع من المسؤولية القانونية لأنها ناتجة عن أسباب خارجية لايمكن توقعها ولا يصلح معها بذل أية عناية لتفاديها، بخلاف الحدث المفاجىء فإنه ينتج عن أسباب داخلية ناتجة عن خلل في الأجهزة، فالكوارث الناتجة عن الزلازل والصواعق تنفي ثبوت الخطأ الذي يعتبر الركن الأساسي في المسؤولية التقصيرية، أما الحدث المفاجىء كالانفجارات الداخلية التي تحدث نتيجة خلل في الأجهزة، فلا تنفي المسؤولية القانونية، لأن الخلل المؤدي إلى الانفجار كان يمكن أن يكون متوقعا، وهو في الغالب يمكن تفاديه عن طريق مزيد من الرعاية والوقاية والرقابة[12].

ولاينطبق على الكوارث الطبيعية ماينطبق على الكوارث العادية التي تحدث في المصانع والمعامل والتي لايتعدى خطرها حدود الخسائر المعتادة، فالكوارث النووية عظيمة التكلفة مهددة للوجود الإنساني، ولذلك وجب أن تكون كل الاحتمالات العقلية ممكنة ومتوقعة، وأن تتخذ الوسائل التي تكفل سلامة البشرية.

ومن الصعب تطبيق المعايير القانونية الدقيقة على كوارث مختلفة في حجم أضرارها، فالأضرار الناتجة عن انفجار مصنع صغير ليست كالأضرار الناتجة عن انفجار محطة نووية، وحجم المسؤولية ليس واحدا،

---

(11) ذهب الفقيه الفرنسي جوسران إلى التفريق بين القوة القاهرة والحدث الفجائي ومعيار التفريق هو أن القوة القاهرة تأتي من الخارج والحدث المفاجىء يأتي من الداخل فالأول ينفي المسؤولية، والثاني لاينفي المسؤولية، والبعض الآخر يرى أن التفرقة بينهما تقوم على أساس أن القوة القاهرة يستحيل دفعها والحدث المفاجىء يستحيل توقعه إلا أن معظم فقهاء القانون لايجدون مبررا للتمييز من الناحية العملية.

(12) سبب الخلاف إثبات العلاقة السببية بين الخطأ والضرر، فالضرر الناتج عن الخطأ يثبت المسؤولية، والضرر الناتج عن قوة قاهرة ينفي المسؤولية، لانعدام العلاقة السببية.

لأن إنشاء محطة نووية يتضمن في نفس الوقت التزاما قانونيا بأن يضمن المنشؤون لتلك المحطة كل وسائل الوقاية من الأخطار المتوقعة في حالات الخلل.

ومن واجب المنظمات الدولية أن تضع النصوص القانونية التي تحدد المسؤوليات الناتجة عن الكوارث النووية، وأن تضع الشروط والضوابط التي تكفل سلامة الإنسان على الأرض، لأن إخافة الإنسان من الأخطار النووية يعتبر من الأعمال المنافية للمشروعية ومن حق البشرية أن تحمي وجودها وأمنها عن طريق التعبير الواضح عن إنكارها المستمر لكل التجارب العلمية التي تهدد الإنسان في وجوده، وتطارد أمنه واستقراره.

ومن أهم مايجب أن تتضمنه القوانين المنظمة لاستخدام الطاقة النووية مايلي :

أولا : وجوب الالتزام الكامل بالضوابط التي أقرتها المنظمات الدولية المختصة من حيث إنشاء المحطات النووية أو من حيث استخدامها الاستخدام الذي يهدف إلى تطوير المجتمع البشري والنهوض به وتوفير أسباب الرخاء له، وفي تلبية حاجاته الضرورية.

ثانيا : أن تلتزم الدولة التي تقع فيها الكوارث النووية بتحمل كامل الأضرار الناتجة عن تلك الكوارث، والتعويض على كل من أصابهم الضرر في حياتهم وأموالهم ومصالحهم الحيوية.

ثالثا : عدم التقيد بما وضعته القوانين المدنية من ضوابط للمسؤولية العقدية والتقصيرية، وتوسيع مفهوم الخطأ في الكوارث النووية بحيث تكون الكارثة معبرة عن وجود خطأ مفترض يتمثل في عدم توفير الأسباب الوقائية اللازمة، سواء كانت الكارثة ناتجة عن قوة قاهرة أو حدث مفاجىء أو إهمال غير مقصود، لأن العبرة في مثل هذه الكوارث تتمثل في حجم الأضرار الناتج عن تلك الكوارث، وهي أضرار فادحة،

ومن حق من وقع عليه الضرر سواء داخل سيادة الدولة أو خارجها أن ينصفه القانون بحقوق تخفف عنه بعض مالحق به من أضرار مادية ومعنوية.

رابعا : إدانة الكوارث النووية، وتحميل الدولة التي وقعت فيها الكارثة مسؤولية قانونية وأدبية، وتسديد الضغوط الدولية عن طريق إدانة المجتمع الدولي لكل أنواع الكوارث الناتجة عن الاستخدام النووي، لاتخاذ الإجراءات الوقائية التي تكفل سلامة الإنسان وأمنه.

خامسا : تأكيد مسؤولية الدولة عن الأضرار الناتجة عن الكوارث النووية على أساس **مبدأ تحمل التبعة**، فالدولة التي تستفيد من تأسيس المراكز النووية مسؤولة عن الأضرار الناتجة عن تلك المؤسسات، وانطلاقا من مبدأ معترف به في نظر القانون، وهذا المبدأ اعتمده القانون كأساس لمسؤولية مالك البناء عن الأضرار الناتجة عن تهدمه وانهياره، **وهناك أساس آخر يمكن اعتماده كأساس قانوني للمسؤولية في حالات الكوارث النووية وهو الخطأ المفترض**، وهذا الأساس يؤكده انتفاء مسؤولية من وقع عليهم الضرر في إحداث الكارثة، إذ لايمكن للسكان الأبرياء المجاورين للمؤسسات النووية أن يكون لهم أي دور في إحداث الكارثة، مما يرجح اعتبار الخطأ المفترض كأساس عادل للمسؤولية القانونية.

ولا خيار لنا في موطن تحديد المسؤوليات القانونية الناتجة عن الكوارث النووية من **التعاطف والانحياز لجانب الضحايا الأبرياء** الذين وقع عليهم الضرر في أنفسهم وأموالهم وأراضيهم وزراعتهم ومصالحهم، فالتعاطف مع الضحايا أمر تفرضه المبادىء الأخلاقية، وليس هناك شيء مهما كانت أهميته العلمية يمكن أن يكون أكثر أهمية من الإنسان. والكوارث مدانة مهما كانت مبرراتها، والعلم الذي لايوفر للإنسان أمنه

وسعادته لاخير فيه، وعندما تصبح الوسائل هي الغايات تتراجع قيم الفضيلة في المجتمع، فالعلم أداة لإسعاد الإنسان، ويجب ألا ينسى غايته، فإن أساء إلى الإنسان فعليه أن يعتذر أولا منه، ثم يتقدم بخجل وحياء لكي يكفكف الدمع عن عيون آلمها وأوجعها، وهنا يكون التعويض العادل هو الحد الأدنى الذي يكفله القانون، لكي تعود الابتسامة من جديد إلى الإنسان الذي تهدده في كل يوم تحديات متلاحقة كادت أن تسلبه حقه في الأمن النفسي والحياة المستقرة.



الملخصات

الأخطار الكامنة في مصادر الطاقة المختلفة
تحليل مقارن

فريدريك نِيهاوس

الموضوع يتطرق للمخاطر المتعلقة بمختلف الأنظمة الطاقية من الأوجه التالية :

ـــ تحليل الحوادث الجسيمة وحاصة التحليل الاحتمالي للسلامة.

ـــ المعايير الاحتمالية للسلامة.

ـــ استعمال هذا النوع من التحليل والمعايير.

وقد بينت الدراسة المقارنة المتعلقة بالمخاطر أن المصدر الأساسي للمخاطر في أي مجتمع هي الحوادث الناتجة عن الأنشطة اليومية كالتنقل والعمل... إلخ غير أنه يجب الاهتمام بالحوادث الجسيمة.

إن دراسة مقارنة للمخاطر بالنسبة للعموم وخاصة المتعلقة بخمس أنظمة طاقية، هي الفحم، النفط، الغاز، مفاعل الماء الخفيف والطاقة الشمسية، أظهرت أن أكثر المخاطر أهمية هي التي تتعلق بالفحم والنفط لما ينتج عنهما من أوكسيد الكبريت والنيتروجين والكربون.

أجريت كذلك دراسة مقارنة حديثة تخص المخاطر الطاقية بالولايات المتحدة الأمريكية، آخذة كمرجع، المركز الذي ينتج (0,8 Geg. Watter/au)، وقد أظهرت أن عدد الضحايا من بين العمال والعموم سنوياً بالنسبة للفحم يفوق 42 مرة عدد ضحايا الطاقة النووية.

أما فيما يتعلق بمخاطر انهيار السدود بالولايات المتحدة الأمريكية، فقد أشارت الدراسات إلى أن احتمال الانهيار هو مرة كل 10.000 سنة وعدد الضحايا يكون مابين 11000 و 260000. وبصفة عامة فإن احتمال انهيار السدود هو 8 في كل 10000 سنة تسفر عن 50 إلى 120 قتيل. أما احتمال المخاطر الناتجة عن النفط فهو حادث خطيرٌ واحدٌ في كل 10000 سنة بالنسبة لكل محطة حرارية.

المشكل الأساسي يكمن في معرفة مخاطر الطاقة النووية وتحليل الحوادث الجسيمة بطريقة التحليل الاحتمالي للسلامة. وبالتأكيد، فإنه يمكن احتمال وقوع حادث ما، وأن كل أنظمة السلامة المتوقعة قد تكون متوفرة لمنع أو تخفيف خطورة ما قد ينتج عنه.

ربما قد تكون الحالة القصوى لإثارة حادث قليلة الوقوع، ولكن يستحسن احتمال وقوع أي حادث وتقييم النتائج آخذين بعين الاعتبار التسلسل الفيزيائي الذي يحصل للوقود ويؤدي إلى منتوجات الانشطار المتسربة أثناء الحادث، مع مراعاة مكان المحطة، وكثافة السكان، وحالات الطقس وبرنامج التدخل الاستعجالي.

إن أهمية هذه الدراسات تكمن في إظهار المواقع التي يكون فيها المجهود الرامي للتقليل من الحوادث أكثر نفعا.

فيما يخص حساب احتمال وقوع حادث يجب معرفة احتمال اختلال كل المكونات أو الأنظمة المعنية بالأمر. إن جدول الحوادث يصف تسلسل الأحداث التي ينتج عنها الاختلال ابتداء من حادث أولي ويعرّف كل النهايات التي يؤول إليها هذا الحادث، كما يمكّننا الجدول من تحليل تسلسل كل الأحداث التي تلي بما في ذلك استعمال وسائل سلامة النظام. أما جدول الاختلالات فإنه يشير إلى احتمال نجاح أو فشل مختلف المكوِّنات أو الأنظمة الفردية التي نصادفها على مختلف فروع جدول الأحداث، وبعد حساب احتمال الاختلالات يجب تعريف المعايير للحكم على النتائج، يعني الأهداف الكمية والكيفية.

لهذا فإن الهيئة الوطنية للطاقة النووية بالولايات المتحدة الأمريكية قد حددت كأهداف : سلامة الفرد الموجود على بعد ميل من مكان المحطة النووية بحيث تكون نسبة التعرض لخطر قاتل لا تتجاوز 0،1% بالنسبة لجميع الحوادث الأخرى، ويمثل الخطر المتوسط حاليا في الولايات المتحدة الأمريكية نسبة 5 على 10000، أي 5 على 10 ملايين من السكان كحد للسلامة النووية وفق ما قررته لجنة التشريع النووي الأمريكية. أمّا على مستوى الخطر الذي يهدد السكان على بعد 10 أميال من المحطة، فإن الهدف هو 19 حالة قاتلة على 10 ملايين. إذن احتمال وقوع حادث نووي جسيم (انصهار قلب المفاعل متبوع بتسربات للمواد الإشعاعية) لايتجاوز 1 على مليون في السنة.

في هولندا الهدف المحدد هو الخطر الفردي الذي يساوي 1 على مليون، بفنلاندا تستخدم معايير ضمان جودة وظائف السلامة، يعني لكل وظيفة للسلامة تقابلها قيمة للاختلال ومن هنا يقاس الخطر.

الخلاصة أن تحليل ضمان الجودة مازال في بدايته، لكن هناك ثقة في بناء نموذج تسلسل الحوادث على الحاسوب وكلما زادت تجربتنا في حقل استغلال المحطات النووية كلما تطورت لدينا المعلومات عن قدرة المحطة على تأدية الدور المنوط بها على أحسن وجه.

وعلاوة على الاختلالات التي يمكن أن تصاب بها أدوات ومركبات المحطة النووية، يجب أخذ العامل البشري بعين الاعتبار عند كل تقييم للسلامة النووية، وإن حادثتي (تري ماي إيلاند) و(تشير نوبيل) تعطيان أوضح الأمثلة على ما يمكن أن يترتب من جراء أخطاء قد يرتكبها المشغلون للمحطة.

* * *

الحوادث النووية أسبابها وانعكاساتها

مصطفى رشد

يعدّ التكوين غير الكافي لمشغلي المحطات النووية أهم الأسباب التي أدت إلى وقوع حادث محطة (تري ماي أيلاند) بالولايات المتحدة الأمريكية سنة 1979 وكذلك كارثة (تشير نوبيل) سنة 1986. غير أنه في الحالة الأولى، بقيت المواد المشعة التي تسربت من المفاعل النووي محصورة داخل الغلاف الواقي الذي يحيط بقاعة المفاعل.

أما في حالة (تشير نوبيل) فإن انفجار البخار سرّب الإشعاع إلى خارج المحطة مما سبب في وفاة واحد وثلاثين شخصا من جراء تعرضهم إلى جرعات كبيرة من الأشعة، بينما نقل إلى المستشفى قصد العلاج أكثر من مائتي مصاب وأبعد خمس وثلاثون ومائة ألف عن منطقة (تشيرنوبيل) من الذين تعرضوا إلى جرعات

بلغت إثني عشر ريم. ويعتقد الخبراء السوفيات والبريطانيون أنه من المحتمل أن يصاب ألف شخص بالسرطان أثناء الخمسين سنة المقبلة نتيجة حادث (تشير نوبيل).

إن محطة (تري ماي أيلاند) تحتوي على مفاعلين يعملان بالماء المضغوط والأورانيوم المقوّى. أما الماء فيلعب دور المهدىء والمبرد في نفس الوقت. والحادث الذي وقع في هذه المحطة دام أياما كثيرة لكن تمت السيطرة على الموقف خلال أربع إلى خمس ساعات الأولى. كل شيء بدأ صباح يوم الثامن والعشرين من مارس 1979 عندما انطلقت مضخة الماء التي تزوّد مولدة البخار، بعد ذلك تم عزل هذه المضخة وتوقيف المِرجل، فبدأت حرارة الدورة الأولية للماء ترتفع مما أدى إلى تمدده وارتفع مستواه الموجود في المضغط وارتفع معه الضغط إلى أن انفتح زرّ المضغط للتخفيض منه مما تسبب في التوقع التلقائي الاستعجالي، غير أنه كان على الزّر أن يقفل، الشيء الذي لم يحدث ولم ينتبه إليه المشرفون على استغلال المحطة وأدى الأمر بالخبراء إلى استنتاجات خاطئة أوقفوا على ضوئها دورة الماء الخاصة بالحالة الاستعجالية، ولم ينتبهوا إلى خطئهم إلا بعد مرور مدة زمنية كافية لذوبان معظم الوقود النووي وتسرب كمية من المواد المشعة خارج المفاعل.

بعد حادث (تري ماي أيلاند) اتخذت إجراءات وأقرت توصيات تهم تكوين مشغلي المحطات النووية وكذلك أحدثت تغييرات تتعلق بالمسطرات المتبعة من طرفهم وكذلك قاعة المراقبة.

أما محطة (تشير نوبيل) السوفياتية فتحتوي على مفاعلات من نوع آخر، حيث تعمل بالماء المغلّى الذي يلعب دور المبرد، والكربون الذي يلعب دور المهدىء. أما الوقود المستعمل فهو الأورانيوم ذو الانتعاش الضئيل بالنسبة لعنصر الأورانيوم 235. بدأ الحادث النووي في المحطة عندما كان المشغلون يقومون بتجربة تخص المراجل (التوربين) والمولدات الكهربائية التابعة لها. وقد وقع الحادث عندما كان من المقرّر إجراء اختبار خاص للشبكات الكهربائية، وذلك قبيل وقف تشغيل المحطة للقيام بصيانة روتينية. وكان الغرض من هذا الاختبار إثبات تحسن قدرة المولدات التوربينية على تغذية النظم الأساسية بالطاقة الكهربائية في حالة انقطاع التيار الكهربائي الخارج عن المحطة.

وكان من المقرر كذلك القيام بالاختبار عن طريق توقيف البخار عن أحد

مولدات التوربين، واختبار القدرة على الامداد عند الجهد الصحيح أثناء تباطئه بالقصور الذاتي باستخدام مضخات التبريد الرئيسية. ويمكن وصف تسلسل الأحداث كالتالي :

في الساعة الواحدة من صباح يوم 25 أبريل بدأ الإعداد للاختبار بالشروع في خفض القدرة للمفاعل الذي كان يعمل بقدرة 300 ميغاواط.

وفي الساعة 13 والدقيقة الخامسة بلغت قدرة المفاعل خمسون بالمائة من قيمتها المعتادة، وأوقف تشغيل المولد التوربيني.

وفي الساعة 14 تم عزل مضخة التبريد الطارىء ثم تم الكف عن خفض القدرة بناءً على طلب مركز مراقبة النظم. و لم يستأنف خفض القدرة إلا بعد ذلك بنحو 9 ساعات، الشيء الذي يشكل أول خرق لمسطرة التشغيل.

في الساعة 23 وعشر دقائق استأنف خفض القدرة لكي تصل إلى مقدار يتراوح بين 700 إلى 1000 ميغاواط.

وفي الساعة منتصف الليل و 28 دقيقة عمد المشغّل إلى عزل آلة المراقبة التلقائية للقدرة مما أدى بها إلى الانخفاض لتصل إلى مستوى 30 ميغاواط.

وفي الساعة الواحدة و 19 دقيقة من يوم 26 أبريل كان مستوى دارة البخار لايزال يتأرجح قرب مستوى الطوارىء. وزاد القائم بالتشغيل من مستوى تدفق ماء التغذية ليصل مستوى يساوي أربع مرات المستوى العادي.

وأدى إدخال التغذية إلى تخفيض التخلخل وبالتالي إضافة مفاعلية سالبة للنظام. وحاولت قضبان التحكم الأوتوماتي التعويض إلا أن ذلك استلزم سحب المزيد من القضبان يدويا للإبقاء على توازن المفاعلية. وبدأ الضغط في الهبوط وتم إيقاف البخار الواصل إلى الممرات الجانبية للتوربين في محاولة لتثبيت الضغط.

وفي الساعة الواحدة و 22 دقيقة قرر المشغلون أن مستوى دارة البخار عال بالقدر الكافي، فخفضوا تدفق ماء التغذية بشكل حاد مما أدى إلى زيادة التخلخل وزيادة المفاعلية الموجبة.

في الساعة الواحدة و 22 دقيقة و 30 ثانية تبين للمشغل أن عدد قضبان التحكم يساوي 6 بدلا من 30.

وحسب تحاليل أجريت بعد الحادث تبين أن توزيع فائض النيترونات يتمركز

في أسفل المفاعل، أي أن قضبان السلامة لم يصبح لديها أي فاعلية عند الثواني الأولى بعد الزيادة الكبيرة في القدرة.

في الساعة الواحدة و 23 دقيقة وأربعون ثانية أمر رئيس المناوبة بوقف تشغيل المفاعل ولكن بعد فوات الأوان. فلم يكن هناك قدر ملائم من المفاعلية متبقيا في القضبان الموجودة في القلب. وأما القضبان الموجودة أعلى القلب فلم يكن من الممكن إدخالها بسرعة تكفي للتغلب على التزايد السريع للقدرة.

إن الدروس المستخلصة من حادث تري ماي أيلاند وتشير نوبيل تتعلق بـ :

ـــ أهمية تطوير الكفاءات للمشغلين في المحطة النووية.

ـــ الفحص السريع والصحيح في كل لحظة من لحظات الحادث للظروف الحقيقية التي تعمل تحتها المحطة مما يسهّل السيطرة على الموقف، والرجوع بالمفاعل إلى حالة الاستقرار.

ـــ ضرورة إنشاء مركز يكون من بين مهامه مساعدة المشغلين في حالة الاستعجال، وفي حالة إصابة المحطة بخلل ما.

ـــ ضرورة تطبيق برامج مهيئة من قبل، ويتعلق الأمر بالتدخل في حالة الاستعجال وذلك على الصعيد الوطني.

وكذلك ضرورة قيام تعاون دولي في حالة حدوث كارثة نووية، يهدف إلى التقليص من المخاطر التي يتعرض لها العموم والتي قد لا تكون أكبر بكثير من المخاطر الأخرى التي يتعرض لها المجتمع والناتجة عن النشاط الصناعي للإنسان.

° ° °

حادث تشير نوبيل وآثارها

عدنان شهاب الدين

وقع حادث خطير في المفاعل النووي الرابع من محطة القوى النووية في

تشير نوبيل بالاتحاد السوفياتي، وذلك على الساعة الواحدة وثلاثة وثلاثين دقيقة من يوم السادس والعشرين من شهر إبريل 1986.

وفي الفترة مابين 25 إلى 29 من شهر أغسطس 1986، عقد اجتماع في مقر الوكالة الدولية للطاقة الذرية بفيينا، تم خلاله مناقشة تقرير سو ياتي تضمن معلومات تقنية أساسية عن محطة تشير نوبيل للقوى النووية وعن أسباب الحادث وتسلسل أحداثه، وعن عواقبه والتدابير المضادة لها. ومن خلال هذا التقرير تبين أن المفاعل 4 في محطة (تشير نوبيل) للقوى النووية البالغة قدرته التشغيلية 1000 ميغاواط كهربائي أو 3200 ميغاواط حراري، هو واحد من 15 مفاعل من طراز، (R.B.M.K) الموجودة في حالة تشغيل بالاتحاد السوفياتي، والمفاعل المعني هو من مفاعلات أنابيب الضغط المهدأة بالجرافيت. ومائع التبريد ماء خفيف يغلي في الأجزاء العلوية من أنابيب الضغط الرأسية لتوليد البخار، الذي يزود بشكل مباشر مولدين توربينيين قدرة كل منهما 500 ميغاواط كهربائي. وهذا المفاعل يزود بالوقود دون حاجة إلى إيقاف تشغيله، وذلك باستخدام آلة خاصة للتغذية بالوقود. ومن خصائص هذا النوع من المفاعل كذلك، أن صافي مُعامل المفاعلية يكون سالبا عند تشغيل المفاعل بكامل قدرته، ويصير موجبا عند تشغيل المفاعل بقدرة تقل عن 30 بالمائة من قدرته الكلية. ولايمكن تشغيل المفاعل بقدرة تقل عن 700 ميغاواط حراري إلا بإجراءات تشغيلية خاصة، وإلا صعب الإبقاء على البارامترات الحرارية الهيدروليكية في مداها التشغيلي المعتاد.

ويحتوي مفاعل (R.B.M.K) على 211 قضيب امتصاص النيترونات المنبعثة من التفاعلات النووية الانشطارية لوقود الأورانيوم، وتستخدم قضبان الامتصاص هاته للتحكم في توزيع القدرة الشاملة والموضعية للمحافظة على توازن المفاعل وللحماية في حالة الطوارىء. وتتوفر الحماية في حالة الطوارىء في المفاعل (R.B.M.K) بإدخال كل قضبان الامتصاص بسرعة أقصاها أربعة أعشار من الثانية. وضمانا لتوزيع القدرة بالصورة اللازمة وضمانا لفعالية احداث مفاعلية سالبة في ظروف الطوارىء، تقضي مسطرة التشغيل ببقاء مالا يقل عن 30 قضيبا فعالا داخل قلب المفاعل.

وقع الحادث عند إحراء اختبار على مولد توربيني في وقت كان من المقرر إيقاف المفاعل إيقافا معتادا. وكان المقصود اختبار قدرة المولدات التوربينية على توليد طاقة كهربائية لمدة قصيرة في حالة انقطاع التيار الكهربائي إلى أن تتمكن

المولدات الاحتياطية التي تعمل بالديزل من توليد الكهرباء في حالة الطوارىء. وقد أدى سوء تدوين إجراءات الأمان اللازمة للاختبار، والانتهاك الشديد لقواعد التشغيل الأساسية إلى خفض قدرة المفاعل إلى 200 ميغاواط حراري في وقت تعذر فيه ضبط تدفق ماء التبريد أو تثبيت التبريد بالتحكم اليدوي،وعند هذا المستوى من القدرة كان المفاعل يعمل بطريقة غير آمنة. أضف إلى ذلك أن المشغلين سحبوا عمدا غالبية قضبان التحكم والأمان من قلب المفاعل وأوقفوا بعض نظم الأمان الهامة، منتهكين بذلك قواعد التشغيل. وقد تسبب ذلك في أحداث أدت إلى تكوين كمية متزايدة من فقاعات البخار في قلب المفاعل، وهكذا أصبحت المفاعلية موجبة، بيد أن إمكانية إيقاف المفاعل بشكل سريع كانت محدودة لأن جميع قضبان التحكم تقريبا كانت قد سحبت تماما من قلب المفاعل. وأدت الزيادة المستمرة في المفاعلة الناجمة عن تكون الفقاعات إلى حدوث تذبذبات حرجة في القدرة بسرعة فائقة بلغت مائة ضعف القدر خلال أربع ثوان.

وأدت تذبذبات القدرة إلى تحرير طاقة من الوقود النووي أدت بدورها إلى تفتيت جزء من الوقود النووي إلى قطع دقيقة وبشكل فجائي. فتسببت جزيئات الوقود الصغيرة الملتهبة في حدوث انفجار بخاري.

اثر ذلك أزاحت هذه الطاقة المتحررة غطاء المفاعل الذي يزن ألف طن، فانكسرت كل قنوات التبريد الموجودة على جانبي غطاء المفاعل. وبعد ثانيتين أو ثلاث ثوان، سمع صوت انفجار ثان وتطايرت أجزاء ساخنة من المفاعل إلى خارج مبنى المفاعل المدمر. ولم يتم التحقق بعد من دور الهيدروجين في هذا الانفجار، وقد سمح تدمير المفاعل بدخول الهواء فاحترق الجرافيت واندلعت النيران ولم يتم إخمادها إلا بعد مرور ثلاث ساعات ونصف من نشوبها. واستمر انطلاق منتجات انشطارية مشعة من المفاعل المصاب بكميات كبيرة لمدة 9 أيام بعد وقوع الحادث. وفي المراحل الأولى من الحادث تم إسقاط كميات كبيرة من البورون والدولوميت والرمال والرصاص فوق المفاعل لكبت انطلاق المنتجات الانشطارية، وفي المجموع تم إسقاط نحو 5000 طن من المواد منها 3400 طن من الرصاص.

وقد أدى تدمير هياكل الاحتواء والقلب في محطة تشير نوبيل إلى انطلاق إشعاعات من المحطة تقدر ب 35 بالمائة من النشاط الإشعاعي في قلب المفاعل. وتكوّنت هذه المواد المشعة المنطلقة من حوالي 20 بالمائة من (السيزيوم 137) و (اليود 131) و (التلوريوم).

وأما الآثار الصحية التي نتجت عن انطلاق الإشعاع خارج المفاعل النووي فيمكن تصنيفها إلى نوعين : الآثار المبكرة غير العشوائية، والمضاعفات العشوائية. وقد اقتصرت الآثار المبكرة على موظفي المحطة النووية ورجال المطافىء الذين تعرضوا للإشعاعات في الموقع في وقت مبكر بعد احتراق المفاعل. ومن بين حوالي 300 شخص نقلوا إلى المستشفيات، هناك 203 أشخاص ظهرت عليهم أعراض إشعاعية حادة نتجت عن جرعات من الأشعة الجيمية في الجسم بمجمله تتراوح قيمتها بين 3 و16 غراي. وفي بعض الحالات تسبب التعرض لأشعة بيتا في حروق إشعاعية واسعة جدا في البلد كان من الصعب جدّا علاجها وأسهمت إلى حد كبير في موت 29 ضحية. ولم تظهر أية مزايا علاجية لعمليات زراعة النخاع العظمى التي أجريت لثلاثة عشر شخصا أصيبوا بجرعات إشعاعية قوية جدّا.

أما المضاعفات العشوائية التي تظهر في وقت متأخر، ومعظمها مضاعفات وراثية وورمية، فيبدو أنه على مدى السبعين سنة القادمة، لن تربو نسبة الزيادة في الإصابة بكل أنواع السرطان على المائة وخمسة وثلاثون ألف شخص الذين تم ترحيلهم على 0.6% ولا ينتظر أن يتجاوز هذا الرقم بالنسبة لبقية السكان في معظم مناطق الجزء الأوروبي من الاتحاد السوڤياتي 0.05% زيادة على الحالات المسماة الحالات العفوية الطبيعية. وحيث إن هذه القيم لاتمثل سوى نسبة ضئيلة من حالات الإصابة والوفاة الفورية فمن غير المحتمل أن يجري اكتشاف هذه الآثار بالطرق الوبائية.

وبناء على حادث تشير نوبيل ووفقا للدروس المستفادة من حادث (تري ماي أيلاند) نستخلص العبر التالية :

ـــ القيام بتداريب لصالح مستغلي المحطة، مع التأكيد بوجه خاص على الحاجة إلى اكتساب فهم جيد للمفاعلات ولتشغيلها، واستخدام نظم محاكاة تعطي تمثيلا صادقا لتتابع وقائع الحوادث الخطيرة.

يبغي عرض البيانات الحيوية بالنسبة للسلامة النووية بوضوح أمام القائمين بالتشغيل وبشكل يضمن استخدامها على النحو الأمثل، فالعرض والتفسير الفوريان أمران هامان بالنسبة لأي نظام معقد كمحطات القوى النووية، وينبعي أيضا توفير إمكانية التشخيص بواسطة أجهزة مدمجة في المفاعل.

بالرغم من ضرورة الاعتماد في نهاية الأمر على المشغلين ذاتهم وعلى مدى فهمهم لسلامة النظام، فإن تعقيد محطات القوى النووية يستلزم وجود نظام أمان احتياطي يعتمد على أجهزة أوتوماتية، ويضمن بقاء المحطة في حالة تشغيل آمنة من جميع الوجوه. وينبغي لهذا النظام الاحتياطي أن يكون سريع الاستجابة بفضل هيكله المنطقي. وينبغي أن يكون مصمما على نحو يتعذر معه تجاوز النظام أو محاولة تجاوزه في عمليات التشغيل المعتادة أو المبرمجة.

ــ الوقاية، داخل المرفق وخارجه على السواء، وخاصة لتلافي التراخي الذي يحدث نتيجة للتشغيل الروتيني.

ــ التوعية المستمرة لجميع العاملين بما للخروج عن الإجراءات المحددة من عواقب تتهدّد السلامة النووية.

والاستنتاج الحيوي المستخلص كذلك هو ضرورة إناطة السلطة والمسؤولية الكاملتين فيما يتعلق بأمان المحطة بأحد كبار موظفي التشغيل.

° ° °

أثر النفايات المتسربة من تشير نوبيل على البيئة الطبيعية في الصين

هوزونسو

في ماي 1986 اتخذت تدابير في الصين لتقييم عواقب حادث (تشير نوبيل) على البيئة الطبيعية. وقد أقيمت إثنتا عشرة نقطة في تسع مناطق لمراقبة الإشعاع المصاحب للغبار والتساقطات الجوية وكذا الإشعاع الذي تحتوي عليه عينات عضوية ومياه الأمطار والمياه السحابية. وقد قيس مستوى الإشعاع في البيئة وأخذت عينات من فوق سطح الطائرات، مع أخذ المعطيات بعين الاعتبار في تقييم الإشعاع.

وقد طورت الصين برنامجاً للتدخل في حالة الاستعجال، يسهر على تطبيقه معهد الوقاية من الإشعاع بتنسيق مع معاهد أخرى في الصين. وفي هذا الإطار صدرت تشريعات تقنية فيما يخص التدخل السريع في حالة التعرض للإشعاع. وكذلك قوانين متعلقة بالمحطة النووية الأولى الصينية. وسوف تنشر كذلك توجيهات تقنية لتحديد مناطق التدخلات الاستعجالية وتطبيق الإجراءات الوقائية. بالنسبة للمحطتين النوويتين اللتين توجدان في طريق الإنجاز في مطقة (كنشو) ومنطقة (دياباي) فإن جملة من الإجراءات المتعلقة بالتدخل في حالة الاستعجال والتي من جملتها إجراءات الوقاية الصحية من الإشعاع وإخلاء السكان، قد اتخذت مسبقا.

إن تقييما صحيحا لعواقب الحوادث النووية يجعل من إجراءات مواجهة الحالات الاستعجالية أكثر فعالية في المستقبل.

ويشتمل برنامج الأبحاث في هذا الميدان على دراسة انتقال الإشعاع إلى الجو، وكذلك الانتشار الإشعاعي على نطاق متوسط وكبير، وتحليل نماذج تقييم عواقب الحادث، وتطوير أنظمة برمجة الحاسب الإلكتروني للوقاية من مخلفات الحوادث.

إن الاستراتيجية التي تتبعها الصين تهدف إلى تنظيم محكم للموارد الموجودة في بلادنا وتوسيع التعاون الدولي.

إن وزارة الصناعة النووية تعطي لمعهد الوقاية من الإشعاع دورا مركزيا بالنسبة للمساعدة، التقنية والصحية في الحالات الاستعجالية المتعلقة بالمحطات النووية.

وقد شرع حاليا في نشر التشريع الوطني المتعلق بالتدخل في حالة الاستعجال، وكذلك القوانين ذات الصبغة التقنية وخلق فرق تقنية متخصصة للتدخل في حالة الاستعجال، منها فرقة تقييم الحوادث النووية وفرقة المراقبة في حالة الاستعجال ومجموعة المساعدة الصحية إلخ...

إن تقييمنا للحوادث النووية يعتمد على خبرتنا التي اكتسبناها خلال عشر سنوات في ميدان انتقال الإشعاع إلى الهواء والماء والنظام البيئي. وقد أجريت بواسطة النظائر المشعة ومعصفة لمعرفة ظروف انتشار الإشعاع في الهواء بقرب مكان وجود المحطة النووية بمنطقة (كنشو). ولكي تطور الصين الإجراءات الاستعجالية فقد عمدت إلى إجراء تداريب بتعاون مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

° ° °

الفاجعة النووية الكبرى

أحمد عبد السلام

لقد خلف حادث (تشير نوبيل) واحدا وثلاثين قتيلا من بينهم تسعة وعشرون من جراء تعرضهم لجرعات قوية من الإشعاع، أما عدد المصابين فقد بلغ 203 نقلوا إلى المستشفيات، وهناك احتمال بأن يصاب 500 إلى 2000 شخص بمرض السرطان خلال السبعين سنة القادمة في الاتحاد السوفياتي، ورقم مماثل بالنسبة لأوروبا الغربية.

غير أن الانفجار الذي أحدثه حادث (تشير نوبيل) لايعادل سوى عُشُر دلك الذي خلفته القنبلة الذرية التي أسقطت على مدينة هيروشيما باليابان أثناء الحرب العالمية الثانية والتي خلفت مائتي ألف بين جريح وقتيل.

إن قوة انفجار الأسلحة النووية الموجودة في العالم تقدر في الوقت الراهن بمأة وستين مليون مرة قوة الانفجار الذي صاحب حادث (تشير نوبيل) ! وإذا علمنا أنه توجد في العالم 50 ألف سلاح نووي. والحالة أن ألفي سلاح نووي كافية لتدمير العالم فإن الحديث عن الحوادث النووية في المفاعلات المولدة للكهرباء ونسيان الحديث عن أخطار الأسلحة النووية، يوهمنا بأمان كاذب.

إن العامل الإنساني الذي كان وراء حادثة (تري مايل أيلاند) في الولايات المتحدة سنة 1979 وحادث (تشير نوبيل) في الاتحاد السوفياتي سنة 1986، هو نفس العامل الذي يمكن أن يؤدي إلى قيام حرب عالمية نووية، خاصة للظروف النفسانية العصبية التي يعيشها مشغلوا الأسلحة النووية. ومما يعزّز هذا الرأي، المقال الذي نشرته صحيفة لندن (سانداي تايم) والذي يصف الحياة التي يعيشها الأشخاص داخل عضوية نووية : ضيق المكان والأسِرَّة التي وضعت واحدة فوق الأخرى والخوف من الانغلاق والضغط الموجود داخل الغواصة أثناء تنقلاتها في أعماق البحار. إنها عوامل إنسانية لا يمكن الاستخفاف بها فيما يتعلق بخطر اندلاع حرب نووية من جراء خطأ بشري في التقدير.

إن سيناريو حرب نووية يمكن أن يوصف كالتالي : بعد الحرب النووية سوف ينقل إلى السماء غبار كثيف ورماد يحجب أشعة الشمس عن الأرض مما يؤثر على المناخ. غير أن الشتاء النووي يبقى رهين بعدة عوامل منها موقع انفجار الأسلحة النووية، والظروف الطقسية، واتجاه هبوب الرياح إلخ.. ومع ذلك يبقى مصير الحياة بعد الشتاء النووي، غامضا ولربما يبقى على قيد الحياة مليار من خمسة مليارات نسمة، وتستمر الحياة مع ذلك، غير أن الأهم هو التساؤل عن ظروف تلك الحياة بعد الشتاء النووي، وانعدام الإسعافات الطبية.

هذا مادفع بالأمين العام للأمم المتحدة في خطاب ألقاه أمام الجمعية العامة في 12 ديسمبر 1984، إلى التساؤل : بأي حق تقرر الدول العظمى دمار العالم واندثار الإنسانية ؟.

* * *

الآثار البيولوجية والطبية للحوادث النووية

ريمون لاطارجي

إن دراسة الآثار البيولوجية والطبية للحوادث النووية ليعد في حد ذاته برنامجا ضخما، فلقد أدت حادثة (تشير نوبل) إلى إصابات أدت إلى الوفاة في حينها، بينما تعرض آخرون لنفس المصير، ولكن بعد انقراض مدة زمنية. ويعتقد أن الإصابة بالإشعاع تكون مصحوبة بالحروق والصدمات، الشيء الذي جعل تفسير تطور حالة المرض إلى الموت شيء معقد.

غير أن الدروس المستخلصة من حادثة (تشير نوبل) بيت أن الأسبقية يجب أن تعطى لمعالجة الإصابات بالحروق والصدمات التي لا يمكن أن تعالج في فترة لاحقة، بعكس الإصابة بالإشعاع التي تسمح بالانتظار. إن المدهش في حالة (تشير نوبل) هو موجة الموت التي أصابت البعض في فترة تراوحت بين خمسة عشر إلى خمسة وثلاثون يوما والتي لم تعقبها أية موجة ثانية من الإصابات بالموت حسب البيانات الرسمية.

وهذا مناقض لما تعلمناه من تجارب حوادث نووية أخرى حيث نعلم أن الإصابة بالإشعاع تخلف موتا في حينه إذا ما كانت الجرعة كبيرة وحادة. يليها موت متأخر ناتج عن إصابة النظام الدموي بجرعات أقل من الحالة الأولى وذلك في مدة قد تصل إلى مائة وعشرين يوما.

أما الدروس العلاجية المستخلصة من الحادث، فهي تؤكد ما تعلمناه من تجارب أجريت على الحيوان. من بين تلك العبر أن الإصابة بجرعات إشعاعية تقل عن (2 كْرِي) لا تحتاج إلى علاج. أما الإصابة بجرعات تفوق (عشرة إلى إثنى عشر كْرِي) فالأمر لا يحتاج إلى علاج كذلك نظرا لأن الوسائل الحديثة عاجزة عن إنقاذ هذا النوع من المصابين.

وحادث (تشير نوبل) يعزز الرأي القائل بأن التوازن البيوكيميائي للعناصر البروتينية المكونة للدم وخاصة الأحماض الأمينية، له أهمية قصوى لحعل المصاب يبقى على قيد الحياة. ويُعتبر نقل العناصر المنتقاة لتعويض ما ضاع من جراء العطب الذي يلحق بالنخاع، شيئا ضروريا. ويعتبر تعقيم المحيط الدي يعيش فيه المصاب شيئا أساسيا كذلك، بما في ذلك تعقيم الأماكن والأغطية والمأكولات. لهذا فالتعاون الدولي في حالة وقوع حادث نووي، هام جدّا لتوفير الأماكن المختلفة للعلاج المعقم وتوفير الأطباء الأخصائيين في معالجة المصابين بسرطان الدم من جراء تعرضهم للإشعاع.

أما فيما يتعلق بتقييم الآثار الجينية لحادث تشير نوبيل فإنه من الصعب جدّا معرفة ما إذا كان موت المصابين بالإشعاع ناتج عن هذا الإشعاع بالضبط. ذلك أنه لاتحدث بالبداهة وبائية بالنسبة لوقوع وفيات جينية لدى الأشخاص المنحدرين من آباء عاشوا في مدينتي (هيروشيما) و (نكازاكي) اليابانيتين اللتين دمرتا أثناء الحرب العالمية الثانية بقنابل ذرية.

ورغم أنه لا توجد علاقة سببية في حالة تشير نوبل بين الجرعات الإشعاعية وعدد الوفيات، فينبغي مراقبة الحالة الصحية للمصابين بالإشعاع والذي يتراوح عددهم ما بين مائتين إلى ثلاثة مائة ألف شخص. فيما يخص السرطان الناتج عن الإصابة بالإشعاع، إذ ليست هناك علاقة بسيطة بين الجرعة وعدد حالات السرطان المسجلة.

غير أن هناك حدّا للجرعات إذا ما وقع تجاوزه فإن عدد الحالات السرطانية

الناتجة والمسجلة تكون أكبر نسبيا. وقد تميزت حالة (تشير نوبيل) بكون الجرعات كانت متوزعة زمنيا فهي لم تؤخذ دفعة واحدة، وانتشار المواد المشعة في الهواء جعلتها متميعة. وفي الختام فإن العلاقة بين التعرض للإشعاع والإصابة بالسرطان هي علاقة غير عشوائية. ذلك أن خمسة وثلاثين ومائة ألف من الأشخاص الذين ينتمون لمطقة (تشير نوبل) تعرضوا لجرعة معدلة تقدر بـ (0،12 سيفرت)، والسرطان الناتج عن الإصابة بالإشعاع يقدر بـ (1،6 بالمائة) بالنسبة للسرطان الذي يسجل طبيعيا.

وبالنسبة للسكان الذين يوجدون خارج دائرة الثلاثين كلم لـ(تشير نوبيل) والذي يقدر عددهم بخمس وسبعين مليون نسمة فعدد الإصابات بالسرطان شكلت نسبة جد ضئيلة.

° ° °

الحوادث النووية وزرع النّقي

جان بيرنار

النخاع العظمي (النّقي) هو العضو من جسم الإنسان الذي تنشأ فيه كريات الدم الحمر أو التي تؤدي وظيفة أساسية بالنسبة لتغذية الجسم بالأكسيجين، وفي نفس العضو-تنشأ الصفائح التي تلعب دورا رئيسيا في التوازن القائم بين تجلط الدم والنزيف الدموي. وأخيرا فإن النخاع العظمي ينتج كريات الدم البيضاء التي تلعب دورا رئيسيا يتعلق بمناعة الجسم والدفاع ضد الأمراض.

غير أن النخاع العظمي هو العضو الأكثر حساسية بالنسبة للتعرض إلى الإشعاعات. ويؤدى تلف هذا العضو من جراء تعرضه إلى الإشعاعات إلى الإصابة بمرض فقر الدم أو مرض سرطان الدم. وعلاج المصابين بالإشعاع يقتضي إما حقن الدم أو أخذ المضادات الحيوية وذلك في حالة الإصابات المتوسطة أو كمكمل لعلاج أهم. وفي حالة التعرض الخطير للإشعاعات فإن العلاج يقتضي زرع النخاع العظمي، وهذه العملية الأخيرة تتمّ بطريقتين مختلفتين، فإما أن نزرع نخاعا عظميا من شخص لآخر، وإما أن نزرع نخاعا عظميا للشخص المصاب

يكون قد احتفظ به تحت درجات حرارة منخفضة قبل وقوع الحادث، ويزرع لنفس الشخص بعد إصابته (الزرع الذاتي للنخاع العظمي.) في الحالة الأولى، فإن اكتشافين، أحدهما أمريكي والآخر فرنسي مكنا من زرع النخاع العظمي.

هكذا، فقد اكتشف العالم الأمريكي يكوبسون لورانز:

أولا : أن نقل خلايا نخاع عظمي من فأر إلى فأر مصاب تعرض للإشعاع يؤدي إلى إنقاذ هذا الأخير من الموت.

ثانيا : التعرض القاتل للإشعاع يحتم إجراء زرع النخاع العظمي، وهكذا أدت حماية النخاع العظمي إلى اكتشاف إمكانية زرعه عند الحيوان الذي تعرض للإشعاع.

أما العالم الفرنسي جون دوسيت فقد اكتشف نظام الفصائل الدموية، وفصائل الأنسجة المعروفة بـ(H.L.A). وقد أدى هذا الاكتشاف إلى معرفة ظروف نجاح زرع النخاع العظمي، ذلك لأنه ينبعي أن يكون نظام (H.L.A) مطابقا جدّا بالنسبة للإنسان الذي أخذ منه النخاع والشخص الذي تتم له عملية الزرع.

أما فيما يتعلق بالزرع الذاتي فإن الأمر يقتضي الاحتفاظ تحت ظروف معينة وفي درجة حرارة جد منخفضة بالنخاع العظمي لنفس الشخص الذي يزرع له فيما بعد، أي بعد إصابته بالإشعاع في حالة وقوع حادث نووي.

وكخلاصة فإنه للتقليل من آثار الحوادث النووية يجب اتخاذ التدابير التالية وذلك على الصعيد الصحي :

1) — يجب الاحتفاظ بعينات من النخاع الشوكي لكل الأشخاص الذين يعملون تحت ظروف إشعاعية، وذلك تحسبا للزرع في حالة تعرضهم لجرعات إشعاعية قوية أثناء وقوع حادث نووي.

2) — التحديد المسبق لفصائل (H.L.A) بالنسبة لجميع العاملين في ظروف إشعاعية من جهة، ومعرفة فصائل (H.L A) لدى المتبرعين المتطوعين بقسط من نخاعهم العظمي وذلك لإمكانية إجراء عملية الزرع في حالة وقوع حادث نووي.

وحيث إن زرع النخاع العظمي يتم في مراكز صحية وخارج حالات الحوادث النووية، فيجب أن تتخذ الإجراءات الأولية لتطوير الوسائل التقنية لتلك المراكز حتى يتم استقبال المصابين بالإشعاع عند وقوع الحوادث النووية.

° ° °

المعايير الأمنية والإجراءات الاستعجالية المعمول بها في المفاعل النووي الأرجنتيني : (380 P.H.W.R.)

آبيل خوليو كُونزاليس

يعالج الموضوع معايير السلامة النووية والإجراءات الاستعجالية التي يجري العمل بها بالنسبة للمفاعل الأرجنتيني (أركُوس (P.H.W R) وقدرته 380 ميغاواط.(م. غ).

في الستينات قرّر الأرجنتين، البلد الذي يحتوي على مصادر مهمة من الأُرانيوم تطبيق برنامج نووي من أجل تلبية حاجياته من الطاقة الكهربائية.

وقد اختار الأرجنتين إنشاء نوع معيّن من المفاعلات النووية هي التي تعمل بالماء الثقيل المضغوط للحفاظ على استقلاليته في ميدان الطاقة.

وفي سنة 1967 بُدىء العمل بالبرنامج النووي مع بناء محطة نووية سعتها 367 م.غ تحتوي على نوع المفاعل (P H.W.R) والتي تقع قرب مدينة (أتوتشا). ومند ذلك العام إلى يومنا هذا اكتسبت الأرجنتين خبرة استغلال هذا النوع من المفاعلات وأنشئت محطتان نوويتان هنا (أمبلاز) و (أتوتشا رقم 2).

هذا وقد طورت المفاعلات من نوع (أركوس) لأول مرة في ألمانيا الاتحادية (مفاعل م. ز. ف ر) مع تعديلات أُدخلت على صعيد الخصائص التقنية.

إن اختيار مفاعل (أركُوس) راجع لعدة اعتبارات نذكر من بينها :

— تكيف المفاعل أركُوس 380 م.غ مع الشبكة الوطنية الكهربائية. نظرا لقدرته المتوسطة مما يجعل التكاليف المالية أقل ضخامة.

— هندسة تخول له اقتصادا هاما في تكلفة الاستثمار وتكلفة الاستغلال.

— يمكن له إنتاج نظائر مشعة علاوة على إنتاجه للطاقة الكهربائية دون أن يمس ذلك باستعداده على القيام بوظيفته الأساسية.

— يمكن له أن يعمل بالأورانيوم الطبيعي أو القليل الانتعاش.

ـــ يعمل تحت ظروف السلامة.

وانطلاقا من هذه الاعتبارات فإن هندسة المفاعل (أركوس) تستجيب للمعايير الأساسية للسلامة وهي :

أ ـــ ضمان الاستغلال العادي في إطار نظام الحد من الجرعات الإشعاعية المعمول به دوليا، والذي تبنته السلطات الأرجنتينية للتشريع، وبصفة خاصة يجب احترام مبدأ عقلانية الوقاية من الإشعاع والذي ينص على أن :

1) كل تعرض لمصدر للإشعاع يجب تبريره، وذلك بالمقارنة مع الفوائد التي يجنيها الإنسان من تعرضه لتلك المصادر الإشعاعية.

2) تعرض الإنسان للإشعاع الأيوني يجب أن يبقى في مستوى جد منخفض آخذين بعين الاعتبار الإمكانيات الاقتصادية، والضرورة الاجتماعية.

3) معادلات الجرعة الإشعاعية التي تعرض لها الإنسان يجب أن لا تتعدى حدود الجرعات المعترف بها من طرف اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع. وهذه الحدود هي (خمسون ميلي سيفرت) للسنة بالنسبة للعموم ونعتقد أن احترام هذه الحدود للجرعات يجعل معدل الجرعة المتخذة لايتعدى نصف (الميلي سيفرت) للسنة.

4) الاحتفاظ بهامش معين وذلك تحسبا للتطور المرتقب في مجال الوقاية من الإشعاع.

ب ـــ المفاعل النووي (أركوس) يجب أن يخضع لمتطلبات السلامة النووية الأرجنتيية والتي ترتكز على المعايير الكمية الاحتمالية للسلامة، وبصفة خاصة قياس الحد من خطر الموت بالإشعاع والذي يبلغ واحداً بالمليون سنويا بكل فرد. كما يجب أن يخضع المفاعل (أركوس) إلى متطلبات المعايير الحتمية للسلامة النووية مثل وحود نظام مراقبة الإشعاع والوقاية منه ووجود حواجز تؤمن احتواء المواد المشعة.

وهذه الحواجز تتكون من :

ـــ الغشاء الذي يضمّ الوقود النووي داخل المفاعل.

غشاء الدورة الأولية التي تجمع المفاعل والأنابيب الأولية.

غلاف الاحتواء المبني بالأسمنت المسلح والذي يضم غرفة المفاعل. هذا الغلاف يجعل من تسرب المواد المشعة إلى خارج المحطة شيء ضئيل الاحتمال جدًا.

وفي حالة الطوارىء النووية، فإن الاجراءات المتخذة من طرف السلطات التشريعية الأرجنتيية تأخذ بعين الاعتبار قرار إعادة السكان إلى المنطقة التي وقعت فيها الحادثة بعد تضاؤل الجرعات الإشعاعية، وذلك نظرا للتكلفة الكبيرة التي قد تترتب عن إبعاد السكان من مناطقهم الأصلية.

° ° °

الإجراءات الاستعجالية المعمول بها في المملكة المتحدة في حالة وقوع حوادث نووية

اللورد شالفونت

عند حدوث خلل كبير في مفاعل نووي يؤدي إلى تسرب خارجي على شكل سحاب مشع محمل بمواد مشعة مثل السيزيوم واليود والكربتون والزينون، فإن السكان الذين يمر فوقهم هذا السحاب قد يتعرضون لإشعاعات إما مباشرة أو عن طريق الهواء الذي يستنشقونه أو عن طريق الماء والحليب والخضر التي قد تكون محملة بالنظائر المشعة الآنفة الذكر.

في بريطانيا مائتا معمل للصناعة التحويلية لدى كل منها برنامج للتدخل السريع في حالة الحوادث، وهذه البرامج تهدف إلى وقاية السكان وإخلائهم. وفي حالة وقوع حادث نووي في محطة معينة فإن الإجراءات المعمول بها تشمل :

أ ــ توزيع أقراص مركب اليود والبوتاس لإشباع الجسم من عنصر اليود الغير مشع وبذلك يتجنب الإصابة باليود المشع.

ب ــ ينصح العموم والسكان الذين يوجدون في منطقة مرور السحاب المشع بأن يلازموا منازلهم ويقفلوا نوافذهم حتى لايتعرضوا لاستنشاق الهواء الخارجي الحامل للنظائر المشعة.

ج ـــ إخلاء السكان من المناطق الملوثة بالمواد المشعة.

د ـــ مراقبة البيئة واستهلاك الماء والمواد الغذائية، وذلك بهدف الوقاية من الإشعاع.

ولكي تصبح هذه الإجراءات ناجعة يجب إنشاء مركز عملي للمساندة خاص بكل محطة نووية، وكذلك مركز لاستقبال رجال الصحافة. ويستحسن أن يوجد هذا المركز على بعد مسافة 8 إلى 30 كلم من المحطة تحت إشراف مستغلي المحطة وبتعاون مع السلطات المحلية والمركزية.

ودور هذا المركز العملي للمساندة يتلخص في إعطاء المعلومات الضرورية والإرشادات للسكان المجاورين للمحطة في حالة وقوع حادث. كما يقوم هذا المركز بتنظيم إخلاء السكان في الساعات الأولى بعد وقوع الحادث ويتابع تطور الوضع بالنسبة لمستوى الإشعاع في الهواء والماء والتربة. ويلعب هذا المركز دور التنسيق بين المحطة وبين السلطات المحلية والمركزية ورحال الصحافة في سبيل إنجاح الإجراءات الاستعجالية.

° ° °

دور الماء في حالة وقوع حادثة نووية (والتدابير اللازم اتخاذها)

روبير امبرودجي

يلعب الماء دورا أساسيا عند وقوع حادث نووي كما هو الشأن في الكوارث الطبيعية، فقد يكون مضرّا لأنه يحمل ويخزن التلوث ويزيد في حجمه وقد يكون نافعا لأن الماء الغير ملوث يبقى عاملا حيويا للنجاة والسقي والصناعة الغذائية إلخ...

وكل حادثة تستدعي نوعا خاصاً من الإنقاذ والوقاية المدنية، ولكي يبقى التزود بالماء النقي عاملا مشتركا يجب استخلاص العبر من كل الكوارث. وزلزال آكادير

(29 فبراير 1960) يعد كارثة. لاتنسى تعطيا مثالا ساطعا حول أهمية الماء.

لقد تبيّن لمنظمة الصحة العالمية بعد حادث (تشيرنوبيل) في 26 أبريل 1986 بالاتحاد السوفياتي وجود 17 عنصرا إشعاعيا في الهواء وفي سطح الأرض والتي كان مصدرها من مكان حادث (تشيرنوبيل). وجل هذه العناصر لها حقبة (أي تفقد نصف إشاعها الأول) قصيرة. وأخطر تلك العاصر كانت هي :

ــ السزيوم 137، ذو حقبة 30 سنة. ينتقل إلى التربة والنباتات والحيوان ثم إلى الإنسان عبر الماء. ويلحق بالنظام العصبي والمعدة والكريات الدموية الحمراء والنخاع العظمي أضراراً جسيمة، وعند أخذ كمية كبيرة منه يتعرض الإنسان للموت المحقق بعد مرور مدة قصيرة. وعند أخد مقدار ضئيل منه يؤدي إلى الإصابة بمرض السرطان خلال مدة تتراوح بين 5 إلى 20 سنة.

(اليود 131) ذو حقبة 8 أيام، فهو يمر إلى الجسم عبر المسالك الهوائية في الجسم البشري.

ــ (السترونسيوم 90) ذو حقبة 28 سنة يبدو أنه لعب دورا ضئيلا خارج الاتحاد السوفياتي.

هذا، وإن العناصر الإشعاعية الأكثر وزنا (كالسترو نسيوم 90) و (البلوتونيوم) قد سقطت قرب تشير نوبيل بينما العناصر الأقل وزنا كـ(السزيوم 137) و (اليود 131) تنقل بعيدا عن مكان الحادث.

إن (الترسيوم) وهو من نظائر الهيدروجين، يعتبر كاشفا ثمينا للدلالة على وجود المياه الجوفية ومعرفة حجم المياه المخزونة عبر الأعوام، ولوضع نظام تصريف الخزانات المائية. وهذا ماتبين من خلال سلسلة التجارب النووية التي أجريت مابين 1951 و 1963.

وفي حادث (تشير نوبيل) تبين أن تلوث الماء حصل عن طريق ثلاثة مصادر للإشعاع وهي :

ــ الماء الملوث بالإشعاع والذي يصلح لتبريد المفاعل.

ــ الغبار المنتشر في علو كيلو متر والذي سقط خلال العشرة أيام فوق المساحات المائية تقدر بـ (خمس مائة ألف هكتار).

ـــ المطر الذي يلتقي بالضباب النووي والذي ينتشر على مساحة تصل إلى ملايين الكلمترات المربعة.

وبصفة عامة فإن المحطة النووية تقع على ضفة نهر ذو مجرى كاف لتأمين التبريد المستمر. ومن هنا يأتي تلوث الرسوبيات والمواد العالقة والنباتات البحرية والسمك.

إن المياه الجوفية موجودة في كل مكان وحتى تحت مفاعل (تشير نوبيل). وتتلوث بإشعاع مياه التبريد المتسربة التي تشكل خطرا كبير. وللتخفيف من التلوث الإشعاعي جمد السوفيات التربة الموجودة حول المحطة وقطعة من المياه الجوفية الواقعة تحت المفاعل.

إن استعمال أوعية حجز الماء ضرورية ويبدو أن ذلك قد استعمل في (كييف) بصفة خاصة.

وبعيدا عن (تشير نوبيل) فإن الرياح والماء يشكلان عاملين أساسيين في نقل المواد المشعة بعيدا عن (تشير نوبيل). فالرياح تساعد على نشر المواد المشعة بينما الماء يركز تلك المواد بدون انقطاع وذلك عبر الدورة المائية : التبخير، المطر، والسيولة.

فيما يتعلق بطريقة تركيز المواد المشعة، يلعب الماء دورا أساسيا، ويكون التركيز أولا على رطوبة الرياح التي تساعد على تكوين السحب الممطرة المحملة بالتلوث الإشعاعي. وهكذا يتم تلويث سطح الأرض بدوره، ومن ثمَّ المياه الجوفية التي يصعب إزالة التلوث منها فيما بعد بسبب المدة الزمنية التي تتعرض فيها الأماكن للإشعاع وهذه المدة الزمنية مرتبطة بدورها بسرعة سيولة الماء في بيئته الطبيعية. ومن جهة أخرى فإن دور النباتات والحيوانات يكون أكثر أهمية لأنهما يركزان المواد المشعة أكثر مما يكون عليه بالنسبة للمياه الجوفية، وفي هذه الحالة يكون التلوث الإشعاعي تناسبي لمساحة الأراضي والمراعي، وينشأ عن ذلك ظاهرة التضخم البيولوجي للإشعاع.

وقد شمل التلوث في الاتحاد السوفياتي كثيرا من الأنهار في أوكرانيا كنهر (الدنيبر) وراوفده وكذلك البحيرة الاصطناعية (بكييف). أما التدابير المتخذة فكانت بإبلاغ السكان عدم شرب ماء المطر، وإغلاق البحيرة الاصطناعية (بكييف) وإنشاء حواجز على ضفة نهر (بريبيات) ورافد (الدنيبر) وخزان مدينة

(كييف) لمنع المواد الإشعاعية من بلوغ النهر، ثم تجميد المياه الجوفية التي توجد تحت المفاعل المدمّر. وحجز الماء قصد تصفيته وتخزينه لمدة سنة قبل إلقائه في الدنيير.

بسويسرا تم إبلاغ السكان بعدم استهلاك جبن الغنم وعدم استهلاك حليب البقر والخضر واللحم المحلي.

وقد منع الصيد من بحيرة لوكانو الملوثة بالإشعاع على عمق 20 مترا.

بيوعوسلافيا نصحت السلطات السكان بغسل الخضروات وعدم استهلاكها بالنسبة للنساء الحوامل والأطفال الذين تقل أعمارهم عن 15 سنة.

بالنسبة للمغرب يجب اتخاد تدابير لمواجهة احتمال وقوع حادث نووي ومن بينها إدخال القوانين الأساسية الخاصة بالوقاية والسلامة النووية في إطار قانون عام حول الوقاية من المخاطر الكبيرة وحول التنظيم الاستعجالي في حالة وقوع حادث نووي، كما يجب التبليغ بذلك وخلق خلية طوارىء تضم خبراء في ميادين الأحوال الجوية والمياه السطحية والجوفية.

كذلك يجب إنشاء برنامج وطني لتقديم المساعدة في حالة وقوع حادث نووي. ويجب أن يكون هذا البرنامج مرن ويعاد فيه النظر من حين لآخر لتطعيمه بما يستجد في عالم التكنولوجيا والوسائل الوقائية من الإشعاع.

كما يجب تنسيق عمليات الإغاثة تحت إشراف وزارة الداخلية وتهييء وتدريب العاملين بمصلحة الوقاية المدنية وأخيرا يجب تحديد مقدار الإشعاع في المواد الغذائية والتوفر على أحسن السبل للاتصال.

وعلى المستوى التقني ينبغي إحصاء نقط الماء تحسبا للاستعمال في حالة الاستعجال والأخذ بعين الاعتبار المصاريف الإضافية ضمن تكاليف بناء المحطة. لذا، فإن وجود المحطة قرب مصدر المياه ضروري قصد التبريد.

إن الدروس المستخلصة من حادثة تشير نوبيل تتمثل في :

ـــ أهمية إخبار الدول المجاورة في حالة وقوع حادث نووي حتى يتسنى اتخاذ كافة التدابير الاستعجالية المتعلقة بالصحة بناء على المعطيات المقدمة من طرف الخبراء.

ـــ دور وسائل الإعلام الذي يجب أن يلتزم بالإحبار الصريح والتامل عند وقوع حادث نووي.

ـــ ضرورة قيام تعاون بين المنظمات العالمية كالوكالة الدولية للطاقة الذرية والمنظمة العالمية للصحة والمنظمة العالمية للتغدية والزراعة ومنظمة العمل الدولي...، وذلك قصد الوصول إلى اتفاق حول استعمال الماء في حالة وقوع حادث نووي تتعدى آثاره الحدود الوطنية.

° ° °

الإجراءات التي يتعين اتخاذها في حالة وقوع حادثة نووية

جان كلود نينو

إن وضع البرنامج الاستعجالي للتصدي للإشعاع يتطلب دراسة آثار النفايات الإشعاعية للمواد المتسربة من محطة بعد تعرضها لحادث نووي.

من الضروري أن يكون هذا البرنامج مرن بما فيه الكفاية، قابل للتكيف في الحالات الواقعية التي قد تختلف في كثير من الأحيان عن الحادث بمعهد للدراسات.

إن نظام تحديد المقادير في حالة التعرض للإشعاع والناتج عن الوظيفة العادية للمحطة، لا ينطبق على الحوادث النووية. إلاّ أن الحد من التعرض للإشعاع بالنسبة للأفراد وفي الحالات الغير عادية، مرتبط بالحالات الخاصة. وكل تدابير الوقاية التي من شأنها الحد من تعرض الأشخاص للإشعاع، بعد وقوع حادت نووي، تصاحبها بعض الخسائر بالنسبة للأشخاص، سواء كانت تلك الخسائر تتعلق بالصحة أو بعرقلة الظروف الاجتماعية. لذا يجب عند اتخاذ أي قرار بشأن التدابير الوقائية، مقارنة المزايا والمساوىء في حالة تطبيق تلك التدابير، وفي حالة عدم تطبيقها. ذلك أن أي إجراء وقائي يسبِّب كذلك أضرارا مختلفة حسب طبيعة الحادث النووي والظروف المصاحبة مثل عدد السكان المتعرضين للإشعاع.

ومن جهة أخرى لايمكن تحديد مستوى التدخل الوقائي الذي ينطبق على جميع الحالات الاستعجالية.

لذلك لايمكن إلا تحديد مبادىء وإرشادات عامة. ويتعلق الأمر هنا بتطبيق المبدأ العقلاني لمستوى الاستعداد للتدخل الوقائي بعد الحادث، سواء بالنسبة لبرامج التدخل الموضوعة والمستعملة تحت مسؤولية مشغل المحطة النووية والتي تهدف إلى إعادة الوضعية إلى حالتها الطبيعية، أو بالنسبة لبرامج التدخل الرامية إلى جعل تعرض السكان للإشعاع يكون في مستوى مقبول.

برنامج التدخل الاستعجالي الداخلي يقضي قياس الإشعاع في مكان تسربه (عامة مدخنة التهوية) مع الأخذ بعين الاعتبار الأحوال الجوية المحلية، وبواسطة بيانات يمكن تقدير جرعات الإشعاع الذي يتعرض لها سكان المنطقة المعرضة. وبناء على هذا التقدير الذي يتم تبليغه للسلطات المحلية والعمومية لتطبيق برنامج التدخل الاستعجالي وتحديد مستواه، فإن مسؤولية المشغل تتمثل، بعد ذلك الاخبار، في تطبيق أو عدم تطبيق برنامج التدخل الداخلي وإنشاء وتنشيط مراكز المراقبة وإصدار الأوامر. المركز الأول يقوم بإصدار الأوامر المحلية الصادرة من قاعة المراقبة الموجودة في المحطة النووية. وهذا المركز موكول إليه استعمال كل الوسائل للتخفيف من حدة الحادث، من بينها وسائل النقل، المواصلات السلكية واللاسلكية، أجهزة الوقاية من الإشعاع وسائل التدخل...

أما مركز المراقبة فيقوم بأخذ عينات داخل وخارج الموقع لتقدير كمية الإشعاع المتسرب.

ويستعمل هذا المركز سيارات الحماية من الإشعاع ومختبرات متنقلة حيث يتم تقدير الاشعاع خارج الموقع في أماكن بعيدة عن اتجاه الرياح المسيطرة مما يمكن هذا المركز من تحديد المنطقة المتعرضة للإشعاع آخذاً في عين الاعتبار الأحوال الجوية.

المركز الثالث هو جهاز الإدارة المتوفر على وسائل المواصلات الداخلية والخارجية وهو الذي ينسق بين جميع المراكز الآنفة الذكر، وله الصلاحية في اتخاذ القرارات، ويوجد في اتصال دائم مع السلطات على الصعيد التقني والإداري.

هذا ويمكن لمشغل المحطة أن يعتمد على فريق طوارىء محلّي يتكون من مهندسي المحطة ومصالح أخرى ومن خبراء ينتمون إلى منظمات خبيرة ومسؤولة، ويتوفر

هذا الفريق على مقر تقني معد خصيصا لأحوال الطوارىء، ويتوفر على جميع الإمكانيات للسيطرة على الموقف، وتقدير حجم الحادث والتطورات التي يمكن أن تعرفها الأحداث في المنطقة.

وتمكن هذه البنية السلطة المختصة من التأكد من صحة التدابير المقررة والتنبؤ بتطور الموقف وتقييم احتمال تسرب المواد المشعة خارج موقع المحطة.

هذا وتعتبر تدابير حماية السكان كثيرة ومتنوعة، واختيار أفضل الإجراءات التي يمكن اتخاذها يتوقف على عدة عوامل (سكانية، بيئية، جوية، جغرافية، اجتماعية، اقتصادية إلخ...)، لذا فإن كل حادث يستوجب القيام بتطبيق تدابير خاصة حسب نوع وحجم الحادث، مما يحتم المرونة لدى تطبيق أي برنامج استعجالي حتى تتلاءم تلك التدابير مع نوعية الحادث الذي لا يمكن التنبؤ الدقيق بتسلسله وإبعاده. ومن جملة هذه التدابير نذكر مايلي :

- وضع السكان في مكان آمن
- توزيع (اليود) الغير مشع
- إجلاء السكان
- تحديد الأماكن المحظورة
- تحديد استهلاك المواد الغذائية والماء
- الحماية الجسمية
- الحماية الرئوية
- النظافة الفردية لإزالة التلوث الإشعاعي
- حصر المواشي في الأسطبل (التغذية عن طريق العلف المخزون)
- تطهير المساكن والتربة من التلوث الإشعاعي.
- إخلاء السكان وإعادة التعمير.

ويمكن كذلك اتخاذ تدابير أقل استعجالا من بينها الحمايات الفردية التي تخص الجهاز التنفسي والتي تتطلب ألبسة الوقاية، لكن تبقى هذه التدابير إضافية ولا تكون على العموم متوفرة للسكان. وهناك طرق وقائية بسيطة مثل وضع قناع مبلل على الوجه للتقليل من استنشاق المواد المشعة، وكذلك تطهير الأشخاص الذين تعرضوا للسحاب المشع وذلك عبر الاستحمام المنزلي أوالمعالجة الطبية

بواسطة أجهزة خاصة التي لايمكن تطبيقها إلا بالنسبة للأشخاص الأكثر إصابة.

أما على الصعيد الدولي والجهوي، فينبغي على الدول المجاورة في حالة وقوع حادث نووي، أن تتشاور فيما بينها لتوافق على الإجراءات والتدابير المشتركة التي يجب اتخاذها لمواجهة الموقف خاصة في حالة وجود محطة على الحدود المشتركة وتتعلق هذه الإجراءات بـ :

ـــ تبادل المعلومات حول موقع المحطة والمميزات التقنية والتسلسل الزمني للحادث.

ـــ التعاون على إنجاز برنامج التدخل الاستعجالي.

ـــ المسطرة المتعلقة بالأخبار عن الحادث كي يتسنى اتخاذ التدابير المناسبة.

ـــ التعاون في شأن تحديد مستويات التدخل الجماعي لتقيم المخاطر وتحديد الإجراءات ومعايير تحليل اتخاذ القرارات.

ـــ ويجب أن يتم الاتفاق بين هذه الدول المجاورة في هذا الميدان، والتعاون على أعلى المستويات السياسية على أن يتم تحديد ما يلي :

ـــ مسؤولية المشرفين على تقديم المساعدات

ـــ السلطات المختصة الموكل إليها برمجة التدخل الاستعجالي بالنسبة لكل بلد.

ـــ حقوق وواجبات المشرفين على تقديم المساعدات في البلد المجاور.

وهناك جانب آخر من التعاون الدولي هو التجارة المتعلقة بالمواد الغذائية كما تبين من خلال التعامل بين البلدان المتضررة بحادثة (تشير نوبيل)، حيث أصبح من الضروري الاعتماد على دارسة عقلانية للوصول إلى انسجام في تحديد أحسن مستويات الإشعاع عمليا للمواد الغذائية الأساسية بالنسبة لأهم العناصر النووية التي من شأنها أن تلوث التغذية.

وأهم العوامل التي يجب أخذها بعين الاعتبار في هذا المضمار هي :

ـــ مستوى مقدار الجرعة التي يمكن تفاديها

ـــ التكاليف المترتبة عن اتخاذ ذلك المستوى المرجعي من الوقاية

ـــ تكاليف انقطاع النشاط التجاري.

* * *

الجوانب التنظيمية
في مجال استخدام الطاقة النووية

عبد المجيد الصاوي

تحثّ الأنظمة التشريعية المعمول بها في مختلف الدول المشغّل للمحطة النووية على طلب رخصة التشغيل مع الإدلاء بتقرير عن السلامة النووية، يجب أن يراعي المعايير والقوانين المطبقة في هذا الشأن. وبصفة عامة تخضع عملية تشغيل محطة إلى مسطرة الرخص المعمول بها في كل مرحلة من مراحل عمر المحطة النووية منذ اختيار موقع المحطة حتى هدمها مرورا بتصميمها وبناءها وتشغيلها.

وأثناء تسليم الرخص المتعلقة بالمحطة النووية تؤخذ بعين الاعتبار جميع الحالات التي قد توجد عليها المحطة، أي الحالة العادية وكذلك حالة وقوع خلل أو حادث.

يقابل كل مكون من مكونات المحطة مستوى معين من الثقة في تأدية المهمة المنوطة به، وهذا المستوى له علاقة بالسلامة للمحطة بكاملها.

إن الإطار التشريعي قد يختلف من بلد لآخر، وذلك حسب القوانين الدستورية المعمول بها وكذلك مستوى التطور الاقتصادي والصناعي.

وبصفة عامة فإن معظم الدول التي لديها برامج نووية، قد أصدرت قوانين عامة تحدد المبادىء والخطوط العريضة لتقنين استعمال الطاقة النووية في جميع مرافق النشاط الاقتصادي والاجتماعي. كما أنشئت في معظم هذه البلدان لجنة وطنية للطاقة الذرية مهمتها تخطيط سياسة استعمال الطاقة النووية للأغراض السلمية.

وفي الحالة الاستعجالية ـــ أي عند تسرب مواد مشعة إلى خارج موقع المحطة النووية يشرع في تطبيق برنامج التدخل السريع. وهذا البرنامج يكون قد صمم من طرف مشغلي المحطة قبل بنائها.

وفي هذه الحالة الاستعجالية تتحمل السلطات العمومية مسؤولية تطبيق البرنامج العام للتدخل الذي تكون قد أعدته من قبل والذي يدخل في إطار برنامج وطني

للوقاية المدنية. ويجب التنسيق بين البرنامج الذي أعده المشغل للمحطة وبين البرنامج العام المعد من طرف السلطات العمومية.

على الصعيد الدولي فإن المجموعة الأممية وعت بضرورة قيام تعاون في حالة وجود خطر تسرب الإشعاعات وتنقلها عبر الحدود، وهكذا وتحت رعاية الوكالة الدولية للطاقة الذرّية تمّت المصادقة في شتنبر 1986 على معاهدتين :

ــ معاهدة الإخبار المبكر في حالة وقوع حادث نووي أو في حالة وجود خطر إشعاعي يعبر الحدود.

ــ معاهدة التعاون المتبادل في حالة وقوع حادث نووي.

وهكذا وبعد حادث تشير نوبيل فإن عدة دول طالبت بالمصادقة على معاهدة تنص على الاحترام الإجباري للسلامة النووية غير أن هذا النداء لم يلق استجابة إجماعية من قبل الدول.

* * *

أسس التعاون الدولي في ميدان الأمن النووي

م.هداية الله

إن وقوع حادث نووي في محطة توليد الكهرباء والناتج عن أخطاء في التقدير، يجعلنا نفكر جيدا فيما يمكن أن يترتب عن نفس الأخطاء في ميدان الأسلحة النووية.

رغم ذلك لايمكن القول بأن هناك إهمالا في تشغيل المحطات النووية، ذلك راجع لعدم الاحتفاظ الدقيق بسجلّ السلامة النووية والذي يمتد إلى تجربة استغلال ثلاثة آلاف سنة ضوئية للمفاعل. والحوادث النووية قد تقع بينما تكون الإصابة بالإشعاع ضئيلة.

في حالة (تشير نوبيل) كانت المواد المشعة المنبعثة في البيئة كثيرة هددت البلدان المجاورة.

وقد خلق الحادث نوعا من الوعي بأهمية مسألة السلامة النووية وكذلك ضرورة قيام تعاون دولي لتفادي تكرار مثله، وأصبح من الضروري أن تعير كل الدول أهمية للسلامة النووية وذلك بإقامة كل التجهيزات الكفيلة بالرفع من مستوى السلامة والاستعداد لمواجهة الحالات الاستعجالية. ولقد كان ردّ فعل الأمم المتحدة بعد حادث (تشير نوبيل)سريعا وإيجابيا لقيام تعاون دولي في ميدان السلامة النووية، وهكذا فإن الوكالة الدولية للطاقة النووية قد بدأت بتنفيذ برنامج أبحاث في مختلف دول العالم لمعرفة وتطوير جميع أوجه السلامة النووية.

ومن جهة أخرى صودق على معاهدتين دوليتين تحت إشراف نفس المنظمة الأممية، وذلك في ڤيينا شهر شتنبر 1986. المعاهدة الأولى تتعلق بالإخبار المبكر في حالة وقوع حادث نووي قد تتعدى آثاره الحدود الوطنية. أما المعاهدة الثانية فتخص التعاون التقني المتبادل في حالة وقوع حادث نووي أو حالة الطوارىء الإشعاعية. ولقد عبر معظم الدول المشاركة في المؤتمر العام للوكالة بڤيينا ثقتهم في السلامة النووية وأكدوا على ضرورة متابعة برنامج المحطات النووية.

وتعتبر معايير وقاية المستخدمين الذين يتعرضون للإشعاع، وكذلك البيئة والعموم من الإشعاع أساس السلامة النووية. وهذه المعايير التي أوصت بها اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع قد تبنتها معظم الدول، كما أوصت الوكالة الدولية للطاقة الذرية بمعايير السلامة النووية التي تحد من تعرض العمال للإشعاع، وذلك بتنسيق مع منظمات دولية كالمنظمة العالمية للصحة والمنظمة الدولية للعمل. وتخضع هاته المعايير من حين لآخر إلى المراحعة والتقييم.

أما برنامج الوقاية من الإشعاع، فقد أعد مں طرف أخصائيين اشتركوا في مختلف أنشطة الصناعة النووية منذ احتيار الموقع إلى انتهاء العمل بالمحطة النووية. وإجراءات المراقبة قد تختلف حسب نوع المواد المشعة. وهذا البرنامج الوقائي يتمثل في :

المراقبة الدورية للإشعاع لمختلف أماكن العمل.

مراقبة التعرض الباطني والخارجي للإشعاع من طرف العمال الذين يشتغلون في الصناعة النووية.

التخزين السريع والسليم للنفايات المشعة.

إن الخوف الذي يبديه العموم تجاه البرامج النووية مرده إلى التحفظ فيما يخص السلامة النووية والتسرب المحتمل للإشعاع من المفاعلات النووية في حالة حادث نووي، وكذلك مشكل تخزين المواد المشعة الناتجة عن إعادة معالجة الوقود المشع وتدبير النفايات النووية.

وهكذا فقد أصبح إيجاد حلول تكنولوجية جديدة لمشكل تدبير النفايات المشعة يتجلى في الصبغة الاستعجالية للموقف، ففي الهند يتم وضع النفايات المشعة السائلة في مادة زجاجية قبل تخزينها لمدة طويلة، بينما اتخذت دول أخرى حلولا في طور التجريب لتخزين النفايات.

لكن بالنسبة للدول النامية فإن السيطرة على جميع أوجه التكنولوجية النووية تعد أمرا جديدا صعب التحقيق. لهذا ينبغي قيام تعاون دولي لتبادل الخبرات والتجارب وخاصة في ميدان السلامة النووية.

° ° °

الوضع الراهن للتعاون الدولي في حالة وقوع حوادث نووية

روني جان ديبوي

لم تنتبه الدول الصناعية إلى خطر التلوث إلا في الفترة الأخيرة، وذلك بعد أن ازداد الوعي بأن التلوث لايعرف معنى الحدود، فهو قد يجتازها من بلد إلى آخر دون تفريق.

أدى هذا الوعي بتعرض الدول لخطر التلوث ــ خاصة في حالة وقوع حادث نووي، مثل حادث تشير نوبيل ــ إلى قيام تعاون دولي في مجال الوقاية والتدابير التي من شأنها التخفيف من آثار الحادث النووي، وهكذا فقد وقّعت معظم الدول الأعضاء في الوكالة الدولية للطاقة الذرية على معاهدتين :

أ ــ معاهدة الإخبار السريع في حالة وقوع حادث نووي، وقد دخلت هذه المعاهدة حيز التنفيذ في السادس والعشرين من أكتوبر 1986.

وتنص هذه المعاهدة على أن كل دولة وقع فيها حادث نووي يمكن أن تتنقل آثاره إلى دول أخرى، لذا، يجب عليها أن تخبر بالحادث في أقرب وقت، عبر الوكالة الدولية للطاقة الذرية أو مباشرة، على أن تشمل المعلومات الوقت والمكان والسبب والتطور المرتقب للحادث فيما يتعلق بتسربات المواد النووية المشعّة، وتنقلاتها عبر الحدود ونوعيتها والظروف المناخية في المدة الزمنية التي تلي الحادث. ويجب كذلك على تلك الدولة التي وقع فيها الحادث أن تخبر بالإجراءات الوقائية المتخذة أو المزمع اتخاذها. كما يجب على كل دولة طرف في المعاهدة أن تعين السلطات المعنية باستقبال المذكرة الاخبارية عن وقوع الحادث وكذلك التي لها صلاحية إعطاء المعلومات المتعلقة بالحادث.

ويمكن الاتصال بالوكالة من طرف دولة ليست لها أنشطة نووية ولكنها تقع بجوار دولة لديها برنامج نووي وقع فيها حادث، وفي هذه الحالة فإن الوكالة يمكنها أن تساعد على تطبيق نظام مراقبة النشاط الإشعاعي.

ب ــ اتفاقية المساعدة التقنية في حالة وقوع حادث نووي أو حالة الطوارىء الإشعاعية.

هذه الاتفاقية دخلت حيز التنفيذ في السادس والعشرين من فبراير 1987 تحت رعاية الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

وتنص هذه الاتفاقية على أن كل دولة وقع فيها حادث نووي أو مهددة بحادث نووي وقع في بلد مجاور، يمكنها أن تطلب مساعدة تقنية من كل دولة عضو في المعاهدة أو إلى منظمة دولية مباشرة أو عن طريق الوكالة الدولية للطاقة الذرية. وتنص هذه المعاهدة على تطبيق برنامج مسبق لكي تصبح المساعدة التقنية نافذة المفعول في الوقت المناسب. وهكذا فإن الدول الأعضاء في المعاهدة تخبر الوكالة بما تحتاجه من خبراء ومعدات. غير أن إدارة ومراقبة وتنسيق تطبيق المساعدة التقنية أمور تبقى رهينة بالمسؤولية الملقاة على عاتق الدولة التي تطلب تلك المساعدة. كما أن المساعدة التي يمكن أن تقدم رهينة بسيادة كل دولة. غير أن منظمات دولية غير حكومية كانت تود لو تعطى لها صلاحية لتقديم مساعدة إنسانية للأشخاص المصابين من جراء حادث نووي دون تمييز بين الدول والأجناس والألوان والمعتقدات. وهي مهام تواجهها الصعوبات الناجمة عن الانقسام الذي يعيشه العالم مما يجعل هذه الأماني بعيدة التحقيق في الوقت الراهن.

° ° °

المناقشات

تدخلات السادة الأعضاء والخبراء المدعوين
في المناقشات العامة

1 ــ أحمد مختار امبو : مدير الجلسة

نشكر السيد جان كلود نينو على عرضه الواضح، وأعتقد أنه بعد سماع ما قاله السيد نينو حَصَّلنا على تصور واضح للتدابير التي يمكن اتخاذها حسب حدّة الحادث وحسب الأحوال. وأرى أيضا أن علينا أن ننوه بما تفضلتم بذكره في موضوع التغذية، لأن الجميع يعلم أن مواد غذائية تحتوي على نسبة من الاشعاع صُدِّرت إلى دول، وهذا سبقُ إصرار على الإساءة لسكان تلك الدول.

أفتح باب المناقشة وأعطي الكلمة للزميل السيد المهدي المنجزة.

2 ــ المهدي المنجرة

لقد كان النقاش اليوم مثمراً، ويمكن بحق اعتبار المساهمات والتوضيحات التقنية التي قدّمها السادة الخبراء من الإنجازات الهامة لهذه الدورة. والمطلوب من الأكاديميّة هو بالفعل التجاوب مع التطورات العلمية الجديدة والقضايا التي تطرحها هذه التطورات بالتطرق إليها ومناقشتها بأسلوب يتسم بالشمولية.

1) لم أسمع اليوم كلمة «عسكرية»، وأتأسف لكون اللورد شالفونت غير موجود معنا، ذلك أننا نعلم جميعا أن تاريخ الطاقة النووية مرتبط بكيفية وثيقة بالحاجيات العسكرية. وأنتم تعرفون حركة «باراغواش» التي انطلقت من قرية باراغواش الكندية عام 1947 بتصريح Einstein وB.Russel, ان على العلماء أن يهتموا بالسياسة لأن العلم أصبح اليوم يشكل خطراً على الإنسانية. هذا فقط لأذكر بأن البعد العسكري يجب ألا يغيب عن أذهاننا إذا كنا نريد أن نأخذ

الموضوع بجدية، فما العمل مثلا إذا وقعت واقعة أخرى. مثل حادثة تشر نوبيل ؟ أنتم تعرفون أن هناك اختلافا كبيرا بين المنظورين العسكري والمدني للانفجار النووي. قد يتعاون الجانبان في بعض البلدان، مثل الاتحاد السوفياتي ولكن ما هو الوضع بالنسبة للبلدان التي لاتملك إلا الطاقة النووية في غياب الجانب العسكري ولو أن هذه الحالة لا وجود لها إلا من الوجهة النظرية.

فكندا التي تشغل الطاقة النووية لأغراض سلمية يمكنها، إذا شاءت، أن تصنع القنبلة في ظرف 48 ساعة.

وبالفعل، فإن الإحصاءات التي نتوفر عليها اليوم (وهي مأخوذة عن الجمعية 35 لحركة باراغواش) تؤكد أن عدد الدول التي تمتلك الطاقة النووية اليوم ستة، لكنها ستصبح 14 دولة سنة 1988، تضاف إليها 16 دولة أخرى في حدود عام 1990، و 21 دولة أخرى في حدود عام 2000. أي أنه خلال مدة لا تتجاوز 13 سنة سيُصبح عدد البلدان القادرة على تفجير القنبلة النووية 57 دولة تنتمي 23 من بينها إلى العالم الثالث.

وإذا استمر التطور في هذا المجال على نفس الوتيرة فإن 75% من الطاقة النووية عام 2020 ستكون من إنتاج دول العالم الثالث التي سينتمي إليها آنذاك 80% من العلماء في مجال الذرة.

لهذا، يجب علينا ألا ننْسى الجانب العسكري. نعم، أنا أعارض تطوير الطاقة النووية، وأقول هذا بكل هدوء لا لكوني أهتم بالمحافظة على البيئة، لكن فقط لأني أرى أن الإنسان لم يصل بعد إلى مستوى النضج الذي يخوله أن يقدر الاختراعات العلمية حق قدرها ويستعملها استعمالا ناجحاً. إن الإنسان المعاصر في نظري يشبه الطفل الذي نعطيه لعبة لايعرف بعدُ كيفية استعمالها. لكن موقفي المعادي للطاقة النووية لايمنعني من مواصلة النقاش حول الجوانب الإيجابية والسلبية لهذه الطاقة من وجهة النظر الاقتصادية.

2) انطلاقا من نظرته المتفائلة التي أقدرها فيه، قدّم لنا مدير الجلسات الأمر هذا الصباح على أنه قد بُتَّ فيه، وأن الحلّ الوحيد هو اللجوء إلى الطاقة النووية هذا غير صحيح، فهناك تطورات جديدة هائلة، مثل (الناقلات الهائلة : supra-conductives) التي ستقلل من فقدان الطاقة، والطاقة الاندماجية التي أصبحت تقريبا في متناولنا، كما أن هناك إمكانيات متعددة أخرى. نعم، نحن نوجد

اليوم في فرنسا التي أعطت دفعة للطاقة النووية، لكن معدل إنتاج الطاقة النووية في البلدان المصنعة لايتعدى 21% (بينما بلغ 64% في فرنسا خلال السنة المنصرمة). فماذا بإمكان بلدان العالم الثالث أن تصنع بطاقتها النووية إذا لم تكن تتوفر على البعد العسكري من جهة وعلى مؤسسات البحث العلمي الضرورية ؟ كلنا يعرف قصة القطيعة بين الصين الشعبية والاتحاد السوفياتي عام 1959، فلتَلاف حسم الموضوع بسرعة ووضع حدّ للنقاش لأن الكيفية التي صيغ بها موضوع ندوتنا يحتمل وقوع كوارث نووية أخرى، ويتطلب منا الاستعداد لها.

وأختم هذه النقطة بالتأكيد على موقفي المبدئي الذي يتمحور في ضرورة النظر إلى القضايا بنظرة بعيدة المدى إذْ لا يمكن في ظرف عام أو عامين أو ستة أشهر معالجة قضية من حجم تشير نوبيل، أعني أن أصحاب القرار السياسي — وليس العلماء فقط — يجب أن ينظروا بعيدا وإلى الأمام قبل إصدار أحكامهم. هناك إشكالية جديدة للعلم والتكنولوجيا، هناك تجارب جديدة، وقوانين جديدة، إنها الأخطار المحيقة بالعالم وبالإنسانية. فعندما كان الأمر يتعلق بالنجار ومطرقته ومسماره لم يكن الخطر يتعدى إمكانية إصابة أصابع النجار، لكن الحال يختلف بالنسبة لانفجار غواصة نووية، مثلا. هذه التغيرات إذن ليست كمّية فحسب، بل إنها تحولات نوعية تمسّ حتى المفاهيم والمصطلحات التي نتداولها يوميا. فالمشكل إذن أخلاقي ومعياري بالأساس.

إننا نعيش اليوم مرحلة «اللا قانون» وتزايد «الليبرالية». فما الجدوى من إقامة وكالة دولية عندما يتمّ الاستغناء عنها بالمؤسسة الخاصة ؟ بالنسبة للذين يعرفون تحليل الأنظمة (system analysis) عدم التقنين هذا سيؤدي حتما إلى الفوضى في النظام الدولي. والدليل الوحيد الذي أعطيه على هذا هو أن مؤتمرا حول دعم التعاون الدولي من أجل الاستعمال السلمي للطاقة النووية (تطلب تحضيره 10 سنوات) قد انعقد أخيراً في جنيف، وقد تمخض عن هذا الاجتماع الذي دام 3 أسابيع تقرير صادق عليه الحاضرون بالإجماع، وسأقرأ عليكم جانبا منه :

«لقد بذل المؤتمر مجهودات غالية للتوصل إلى اتفاق حول المبادىء المقبولة عالميا للتعاون من أجل الاستخدام السلمي للطاقة النووية». لكنه رغم كل هذه الجهود، فقد فشل المؤتمر في الحصول على موافقة ودعم الحكومات لهذه المبادىء. فالنظام الدولي لم يعد بالإمكان ضبطه أو التحكم فيه، والاتفاقيات المتعدّدة الجوانب لم

يعد هناك من يثق فيها. هذه الفوضى أصبحت تتجلى حتى في مفهوم «المخاطر الناجمة عن التطور التكنولوجي»، الذي نحن بحاجة إلى إعادة النظر فيه. وأشير بهذا الخصوص إلى الدراسة القيمة التي قام بها لاكاديك في مجلة **Futuribles**، والتي بيّن فيها أنه كلما تقدمت التكنولوجيا كلما قلّت إمكانية التحكم فيها لأن الهوة تتّسع باستمرار بين عالم المعرفة وعالم الجهل.

3 ـــ أحمد مختار امبو : مدير الجلسة

أعتقد أن المطلوب من هذه الدورة هو بالضبط التفكير في المشاكل، وما استمعنا إليه لحدّ الآن وبالتأكيد هو إسهام جاد في هذا التفكير. أكيد أن الطاقة النووية تطرح عدة مشاكل، وأكيد أيضا أننا نعيش في مجتمعات لابدّ وأن تبوّىء البحث العلمي في هذه الطاقة منزلة كبرى، تحت ضغط الحاجة إلى كميات متزايدة من الطاقة لمختلف السكان.

السؤال المطروح الآن هو : هل نتخلى عن الطاقة النووية نهائيا، أم يجب، على العكس، أن نتوجه للبحث عن وسائل تتيح التحكم في هاته الطاقة دون أن نهمل مختلف الاعتراضات التي أثارها زميلنا المهدي المنجرة ؟ أرى هذا التساؤل هو منطلق تفكيرنا.

اسمحوا لي أن أدلو معكم بدلوي في طرح المشكل فأقول بأن هناك قضية ينبغي أن ننتبه إليها، وهي أنه كلما ما برزت تيكنولوجيا وأصبحت قوة يسود الاعتقاد بضرورة أن تكون وقفا على ناحية مّا في العالم. ذلك ما يركز التفاوتات القائمة بين الأمم في هذا العصر.

وأعتقد أن العلم من حيث إنه في جوهره كوني لا ينبعي أن يكون من حق البعض دون البعض، أو في ملك رقعة جغرافية. إن دول العالم عامة والدول التي لم تتحكم بعد في الطاقة النووية خاصة، تواجه تحديا تاريخيا يتمثل في إيجاد الوسائل التي تتيح التحكم في تلكم الطاقة وجعلها تخدم السلام العالمي، ولتستفيد الإنسانية من إيجابيات هذا المورد ودرء سلبياته. قد يقول قائل : إنها مجرد أمان وخيالات، إذ من الصعب جدا تجنب المخاطر. ومع ذلك فواجبنا هو أن نتصدى لدراسة المشكل بكل عناية.

لا أفتأ أقول وأكرر بأن العلم والتقنية ليسا سيئين في ذاتهما ولكن المشكل هو في استعمالاتهما، فبالإمكان الاستفادة منهما في التقدم، ومن المحتمل أن يستغلا فيما يعود بالشر على الجنس البشري بأكمله.

أخلص إلى التأكيد على واقعة أشار إليها السيد المهدي المنجرة وهي أن الحوادث النووية قد تترتب عن أسباب عسكرية، ومن الممكن جدّا أن تسقط قنبلة نووية وهي تُحمَل من منطقة إلى أخرى لسبب عارض، ربما تسقط فوق الدولة المصدّرة لها. إنها إمكانيات تطرح مشكلة لاتقل خطورة وهي عدم جدوى الحدود المرسومة بين الدول. إننا مدعوون في المستقبل القريب أن نعير لهذه القضايا أكبر الاهتمام من أجل مواجهة قضية الحوادث سواء لأسباب مدنية أو عسكرية.

4 — روني جان ديبوي

أريد فقط أن أطرح سؤالين : الأول موجه إلى العلماء المتخصصين في الطاقة النووية المشاركين معنا في هذه الدورة، وأخص منهم الزميل أحمد عبد السلام : نعلم أن الانصهار النووي قد يسهل على الإنسان أمورا كثيرة، يفوق في ذلك ما يمكن أن يؤدي إليه الانشطار النووي، نعلم أيضا أنه ليست في الانصهار النووي أية مخاطرة، بل بالعكس يؤدي إلى إنتاج طاقة بدون كلفة، ويسهل تقطير مياه البحر لتصبح مياها صالحة للشرب بأسعار منخفضة تجر إلى اقتصاد كبير في النفقات. وباختصار يبشر الانصهار النووي بعالم يصعب علينا أن نتخيل جماله ورخصه. سؤالي البسيط جدّا هو : في أية لحظة يعتقد علماؤنا الأجلاّء أن انصهارا نوويا يعقب انشطاراً نوويا ؟

سؤالي الثاني يتعلق بالرؤوس النووية إنه سؤال ألح علي وأنا أستمع إلى ما قاله الزميل امبرودجي وهو يعرض علينا بوضوح عباراته وسلامة أسلوبه، آثار حادثة (تشير نوبيل) على المياه، مشيراً بالمناسبة إلى نزوة الرياح. إنه في نفس الوقت سؤال وملاحظة أطرحهما. على الزميل اللورد شالفونت وهو الخبير العسكري الاستراتيجي، كما يعلم الجميع، أبادر إلى القول بأني لا أقصد الرؤوس النووية العابرة للقارات التي يتراوح الموقف في شأنها بين الأمل الحامل لكثير من الوعود واليأس النهائي وكأن ساعة الحشر قد حلّت. لكنني أقصد الرؤوس النووية ذات المدى المتوسط من حيث الحركة والقوة. إنها أسلحة للتظاهر بالقوة، غير أن هناك احتمالا ممكن الوقوع لا قدّر الله وهو : في حالة حدوث حرب نووية قد تسقط كمية من هذه الرؤوس على مساحة واسعة تدور فيها رحى القتال، وبفعل نزوة الرياح التي نبه إليها السيد امبرودجي واعتبارا لظاهرة دوران الأرض من الشرق إلى الغرب في بعض المناطق، الا يؤدي كل هذا إلى أن تقفل الرؤوس النووية راجعة

إلى النقطة التي انطلقت منها، وفي ذلك أكبر الخطر على مرسل تلك الرؤوس ؟ نتساءل أيضا هل تلك الأسلحة مستعملة حقّا استعمالا عقلانيا ؟ وهل سنصل في النهاية إلى مرحلة لن يجرأ أحد على استعمالها، إذ بمجرد إطلاقها بكميات كبيرة سنسقط في وضع الذي تثور عليه الآلة التي اخترعها لخدمته ؟ حول هذه التساؤلات أرغب في أن يتفضل اللورد شالفونت بإبداء آرائه، والحالة أن السلام النووي لن يستعمل إلاّ في حدود الرؤوس من المدى القصير ذات الشحنات الضعيفة جدّا، وذلك لن يؤدي إلاّ إلى تخريب على مستوى سطحي، وبالتالي فإن السلاح النووي هو سلاح تاكتيكي محدود القوة.

إن حديثي عن الحروب والأسلحة لا ينزع عنّي تحيزي المطلق إلى العلاقات السلمية بين الدول، وما زلت على رأيي بأن الحروب ليست وسيلة لحل المشاكل الدولية، وبعبارة أوضح إن أسئلتي تستهدف طرح قضايا تقنية من وحي ما قاله السيد امبرودجي.

5 ـــ أحمد مختار امبو : مدير الجلسة

أشكر الأستاذ دبوي، لكن مع الأسف الزميل اللورد شالفونت غير موجود في القاعة الآن وأكيد أن سؤالك سينقل إليه، وأود أن أضيف إليه سؤالا آخر : فحتى لو استبعدت إمكانية استعمال السلاح النووي في حرب مّا، بحيث سيكتفي باستعمال الأسلحة التقليدية، فما الموقف لو استعملت هذه الأسلحة في تدمير المفاعلات النووية نفسها، لأن منطق الحرب يستوجب إضعاف العدو بالهجوم على المراكز الحيوية ومن أهمها الطاقة ومصادرها، إنه احتمال ممكن جداً. فما العمل ؟

6 ـــ أحمد صدقي الدجاني

تحية لهذه البحوث التي علمتنا الكثير على صعيد هذا الموضوع من الناحية الفنية. إسهامي هو في نطاق الوقوف أمام الظاهرة كدارس للتاريخ، ثم طرح بعض التساؤلات. كدارس للتاريخ، يمكن أن نلاحظ أننا في عالمنا المعاصر نقف أمام حادثين كبيرين، لكل منهما آثاره الضخمة : كان الأول في آب أغسطس عام 1945، حين ألقي السلاح النووي على مدينتين في اليابان. ومنذ ذلك الحين وإنسان عالمنا المعاصر يعيش قلق خطر الفناء بالسلاح النووي. وقد مضت أربعة

عقود على تلك الكارثة والإنسان يحاول فعلا أن يجنب خطر الفناء بالسلاح النووي. والحادث الآخر الذي نقف أمامه في عالمنا المعاصر هو حادث تشير نوبيل قبل عام ونيف. ولو قارنا بين الحادثين نلاحظ أن آثار الحادث الآخر أعظم، فإذا كان الأول قد أثر على رقعة معينة من عالمنا فإن أخطار الثاني المباشرة وغير المباشرة عمت قارات العالم القديم. أنا أعيش في بلد عربي يستورد بعض غذائه، وقد لاحظت كيف أن الإنسان العادي الأمي بدأ يعيش قلق الإشعاع، وكيف أن كلمة الإشعاع صارت تتداول على ألسنة من لم يتلقوا أي قدر من العلم. نلاحظ أن السحابة التي خرجت انتقلت من مكان إلى آخر شرقا وشمالا وجنوبا على غير التوقع في بعض الأحيان، وكلها أمور حدثت. نحن إذاً في عالمنا نعيش في مناخ يدعو بقوة إلى وقفة، الوقفة من أجل دراسة الموضوع ككل ومن هنا فإنني أرى أن إسهام أخي المهدي المنجرة، الغني، في هذه الجلسة كان ضروريا للغاية. ففي الوقفة لابد أن تطرح القضايا من أصولها، وقد عودتنا هذه الأكاديمية بفضل راعيها، أن نناقش هذه القضايا التي تهدد كوكبنا ككل وجميعنا يستذكر أخلاقيات غزو الفضاء. إذن نحن مدعوون أن نفكر في الأمر من جذوره ونتساءل عن الحكمة في بعض الأمور وعلى الإنسان أن يعاود ــ لا نقول هذا لندعو إلى إيقاف استخدام الطاقة النووية، في الأغراض الحربية أوالسلمية، ولكننا ندعو إلى وقفة تأمل وملاحظة ومراجعة بغية التحديد.

إذا تركنا هذا جانبا وحصرنا حديثنا في الموضوعات القيمة التي طرحت اليوم، وخاصة موضوع التعاون من أجل دفع الأخطار، من أجل الوقاية والتعاون، من أجل رصد هذه الأخطار ومحاصرتها إن وقعت. وإذا تتبعنا كل ماكتب عن حادثة تشير نوبيل وفي أعقابها، نجد أنه طرحت أفكار في الواقع قيمة على هذا الصعيد ويمكنني أن أوجز بعض الأبحاث التي عكفت عليها مؤخرا بأنه حين يحكي عن نتائج هذا الحادث الذي سبقته حوادث، يكون الوقوف أمام موضوعين رئيسيين إن تركنا موضوع الأسلحة النووية :

الموضوع الأول هو الإنسان والآلة. إنه إنسان، وهو يتعامل مع آلات، والآلات تتدرج في تعقيدها وتتدرج في الأخطار الناجمة عنها، وقد تابعنا اليوم باهتمام المقارنة في الحديث الأول القيم بين الأخطار المختلفة، وإنسان عالمنا المعاصر وطّن نفسه على مواجهة هذه الأخطار، ولكن بعض هذه الأخطار بالغ الشدة ويعم العالم أجمع. كيف السبيل ؟ القضية مطروحة حقيقة، وقد طرحت اقتراحات

على هذا الصعيد في كيفية التدريب وكيفية الملاحظة، ولكن يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار أن الإنسان هو إنسان قبل كل شيء، وهو صانع الآلة، ولكنه في بعض الأحيان يحدث خلل لأسباب مختلفة بين هذا الإنسان والآلة فالسؤال الذي يطرح هنا :

كيف يكون التعاون من أجل منع حدوث هذا الخلل ؟

النقطة الثانية التي تبرز هي إمكانية التعاون على صعيد إحداث الأمن في كل هذه المشاريع ؟ السؤال عن الإمكانية منطلق من الإحساس بالضرورة، وما يطرح اليوم على هذا الصعيد هو : تُرى إذا قمنا بضرورة التعاون بين الدول التي تتعامل في الطاقة النووية، هل المفاهيم السائدة على صعيد الدولة كدولة أو على صعيد النظر إلى الطاقة النووية باعتبارها سر من أسرار الدولة، هل هذه المفاهيم تمكن من حدوث هذا التعاون ؟

واضح تماما أن عددا من المفاهيم يعرقل التعاون. وبخاصة على صعيد السرية إذ أن كل دولة لديها هذه الطاقة النووية فهي تعتبرها سر من الأسرار.

السؤال هو : كيف يمكن أن نغير هذه المفاهيم ؟ وقد لاحظت في الأوراق التي أمامي أنه اعتُبِرَ حدث مهم حين جاء وفد أمريكي إلى الاتحاد السوفياتي ونظر بنفسه للإجراءات الأمنية. كيف نعمل لتغيير هذه المفاهيم لتسود عقلية تستشعر أن الأمن أمن الإنسان كيفما كان ؟

سؤال آخر يركز على الدول التي يقال إنها عالم ثالث لأن هذه الدول لم تدخل بعد هذا المجال ولكنها بدأت تكتوي بناره، يجب القول إذن أنه في الثلاثة عشر شهرا الماضية حدثت مجموعة حوادث تقلق من الناحية الخلقية لأن بعض هذه الدول تلقت معونات غذائية كانت ملئى بالإشعاع، وقد كشفت في موانىء تلك الدول : كيف نعمل لكي يسود مفهوم يستشعر أن الإنسان هو أخ الإنسان في كل مكان ويمنع ذلك كله ؟ إذن هي أسئلة مطروحة علينا ضمن الوقفة التي نقفها. ولعلنا نثق بأن حكمة الإنسان قادرة على الإجابة عليها.

7 ــ أحمد مختار امبو : مدير الجلسة

شكرا للزميل الدجاني، وأطلب من الذين سيتدخلون الآن أن يوجزوا كي تتاح فرصة التدخل لكل الراغبين فيه، ويتفضل السادة الذين ألقوا عروضا بالإجابة على الأسئلة.

8 ـــ عز الدين العراقي : مدير الجلسات

أودّ فقط أن أذكر بالموضوع الذي نحن مجتمعون حوله، إذ يتعلق الأمر بالوسائل اللازم توفيرها واتخاذها في حالة وقوع حادث نووي. نحن مدعوون، إذن، للتفكير في حالة واقعية، أي أن المطروح علينا هو البحث عن الوسائل التقنية والقانونية والاقتصادية التي يمكن أن نواجه بها الحوادث التي تقع حاضرا أو قد تقع في المستقبل من جرّاء وجود مفاعلات ومحطات نووية للاستعمال السلمي. القضية ليست قضية الحكم بجدوى استعمال هذه المفاعلات والمحطات النووية، أو عدم استعمالها، ولكن حيث إنها موجودة، ماذا سيكون موقفنا في حالة تعرضها لحادث ؟

من البديهي أن سبب وجود المفاعلات والمحطات النووية، كما أكد ذلك الخبراء، هو احتمال انعدام ممكن وقريب للمصادر غير النووية للطاقة. وبديهي كذلك أن تطلعات البحث العلمي تبشر باقتصاد هام جدّا في استعمال الطاقة اعتمادا على الموارد الكلاسيكية وخاصة بواسطة المحركات الضخمة. إن المشكل الذي سيطرح مستقبلا هو : ألا يؤدي ربح الطاقة الذي سيوفره استعمال الأدوات الجديدة إلى انخفاض في تكلفة الطاقة الكلاسيكية، بحيث سيجعلها أرخص من منتوج الطاقة النووية ؟ بل ألا يتوقع أن يؤدى الاقتصاد في كميات الطاقة الكلاسيكية إلى تسفيه الاستدلال الذي يقوم على القول بأن الالتجاء إلى الطاقة النووية سببه هو ضمور الطاقات الكلاسيكية ؟

كل هذه أمور في حاجة إلى البحث والتقصي. وحتى أكون إيجابيا أعتقد أنه لاشيء يمنعنا، نحن المصنَّفين في فئة دول العالم الثالث، من أن نوجه بحثنا العلمي وأن نجند علماءنا الذين يشتغلون حاليا في مجالات الطاقة النووية لفائدة البلدان المتقدمة، من أجل أن تستفيد دولنا من إنتاج هذه المفاعلات.

إن الخوف من الاستعمالات العسكرية للطاقة النووية هو خوف عام في السنين الأخيرة. إذا كنا نخشى على الإنسانية من حوادث المفاعلات المشيّدة لأغراض سلمية، فمن المنطقي أن تكون خشيتنا أشد في حالة الاستعمالات العسكرية، ولكن مشكلة الاستعمالات العسكرية للمفاعلات النووية أمر يتجاوزنا كثيرا لأننا لا نملك معطيات المشكلة تقنيا وسياسيا واقتصاديا.

9 ـــ آبيل خوليو كُونزاليس

أظن أن السيد مدير الجلسات قد وضع النقاش في إطاره المضبوط عندما ذكرنا بموضوع هذه الدورة. ويخامرني شعور بأن بعض المداخلات تجاوزت الموضوع الأساسي المطلوب منا تناوله بالدرس والتحليل. ومع ذلك قيلت أشياء مهمة جدا أراني مُجبرا على مناقشة بعضها، وبالخصوص ما جاء في أول تدخل، حيث أقام صاحبه علاقة بين الاستعمال العسكري والاستعمال السلمي للطاقة النووية.

إن الربط بين الاستعمالين حجة خطيرة بالنسبة لدول العالم الثالث، إذ بهذه الحجة ستعمل الدول المتقدمة ـــ وهي المسؤولة عن تزايد انتشار المحطات والمفاعلات النووية ـــ على أن تترك دول العالم الثالث بعيدة عن التقدم التكنولوجي الذي هو القاعدة الأساسية حاليا لكل تطور حضاري.

أودُّ أن أطلب من السادة أعضاء أكاديمية المملكة المغربية أن يتأملوا في هذا السؤال : بما أن العلاقة بين الاستعمال العسكري والاستعمال السلمي للطاقة النووية لاتختلف عن العلاقة القائمة بين الاستعمالين بالنسبة للصناعات الكيماوية، فهل معنى هذا أن نقفل أبوابنا على هذه الصناعات التي أصبحت عنصرا أساسيا من اقتصاديات بلداننا ؟

أؤكد لكم أيها السادة أن إقامة محطة نووية لأغراض سلمية لايمكن تقنيا أن تستعمل لإنتاج مُعدات عسكرية، بحيث إن الدول المتقدمة تلجأ إلى تجهيزات خاصة عندما تريد إنتاج القنابل النووية. وأذهب بعيدا في عرض عناصر المقارنة فأقول بأن المصانع الكيماوية تستطيع بصفة آلية أن تنتج مواد كيماوية لأغراض عسكرية. حذار إذن من فخ الخلط بين الاستعمالين للوقوف أمام التطور السلمي للطاقة في عالمنا الثالث.

أشار التدخل الأول والتدخل الثالث إلى المشاكل الأخلاقية في العلاقات الدولية عن ظاهرة التلوث النووي، ولكن ما يقال عن هذا التلوث يمكن أن يقال عن كل المواد المُلوِّثة التي تقذف بها المصانع العالمية في البحار والأنهار والأجواء.

إن اختراق الحدود ليس وقفا على المواد المشعة، بل يشمل نفايا المواد المصنعة الأخرى التي تحتوي على الرصاص وأوكسيد الكبريت. يجب إذن أن لأنُثيرَ المشاكل الخلقية بالنسبة للطاقة النووية فحسب، بل وكذلك بالنسبة لغيرها من الطاقات الكلاسيكية الأخرى ؟

من المفيد جدا في هذا المجال أن يراجع أعمال دورة الأكاديمية البابوية التي نشرت في المجلة الصادرة عن نفس الأكاديمية منذ سنتين أو ثلاث سنوات، إذ ناقش المشاركون في الدورة المشاكل الأخلاقية المرتبطة باستعمالات الطاقة النووية، ومع ذلك لم يقل أحد بمنع الاستفادة من هذه الطاقة. في خصوص ما جاء في التدخل الثاني حول مشكلة الاندماج النووي، أشير إلى أن من الآمال التي تراود البشرية التوصل إلى وسيلة تقنية تسهل ذلكم الاندماج. ولنتذكر أنه منذ تأسيس مفاعل (فيرميت) إلى الآن، أي منذ 45 سنة، لم يسفر التقدم التكنولوجي إلا على مفاعلات لشطر نواة الذرة.

وأرى أنه مازالت أمامنا خمسون سنة أو أكثر لنتوصل إلى إبداع المفاعلات الانصهارية والحالة أن العالم المتقدم يعاني اليوم الخصاص في كل مجالات الطاقة.

مع كل هذه التوضيحات التقنية لا أريد أن يفهم البعض أن المفاعلات الانصهارية التي يهفو إليها العلم لن تكون مصدر تلوث إشعاعي، بل إنها ستنفث كمية هائلة من (تريسيوم) تفوق ما تنفثه المفاعلات الانشطارية، بل ستعرف المفاعلات الانصهارية مشاكل خطيرة من جراء الإشعاع غير الأيوني كالإشعاعات الكهرومغناطيسية الناجمة عن مادة (طوريوم) التي ستكون ضرورية لتلك المفاعلات.

10 ـــ أحمد مختار امبو : مدير الجلسة

أشكر السيد كونزاليس وأعطي الكلمة للسيد عبد اللطيف بربيش مع التأكيد على ضرورة الاختصار.

11 ـــ عبد اللطيف بربيش

أريد أن أطرح سؤالا على الأستاذ روبير امبرودجي الذي قدم لنا في عرضه الوافي دور الماء في الحادث النووي والتدابير اللازم اتخاذها لمواجهته.

فالذي يقول : «الماء» يعني «الحياة» النباتية والحيوانية، وأرى أننا مررنا مرّ الكرام على ماتستوجبه الحياة. حقيقة أُشيرَ إلى مشكل التغذية الخطير، ولكن الإشارة كانت خفيفة. سؤالي الذي أطرحه على الزميل السيد امبرودجي، ولربما على زملاء آخرين من الأعضاء أو الخبراء هوالتالي : ما هي التدابير التي اتخذت بالفعل أو التي يمكن اتخاذها في مجال التغذية عندما يقع حادث نووي ؟

سؤال آخر وهذه المرة أطرحه باختصار شديد على السيد جان كلود نينو كطبيب : هل فكرت الدول التي تملك مفاعلات نووية في توعية وتكوين الأطر الصحية (الأطباء والمساعدين) لمواجهة الحوادث النووية الممكنة ؟ وهل وقع التفكير في إدخال مادة تكوينية لها علاقة بهذه الحوادث في الجامعة، كما هو الشأن بالنسبة لميادين أخرى، كالإنجاب الاصطناعي والتخطيط العائلي...إلخ ؟

12 ـــ المهدي المنجرة

أعتقد أن السيد ڭونزاليس أساء فهمي، ربما يرجع السبب في ذلك إلى أني عندما أتحدث بالأنجليزية أسرع في الكلام، وأضع المترجمين أمام صعوبات جمة، لكني لاأدري بأية لغة تابع تدخلي. المهم أني لم أرد أبدا أن أدفع إلى تثبيط عزائم دول العالم الثالث أو تثنيتها على القيام بالبحث العلمي في المجالات النووية. لقد حاولت فقط أن أدلل على صحة عكس هذا الرأي كما جاء في آخر تدخل الدكتور عز الدين العراقي.

لا مناص من الاختيار، ولا مناص من أن تعي دول العالم الثالث أنه عندما يبعث إليها بمفاعل نووي وتتوصل به، ذلك لايعني أنها أصبحت قوة نووية. إن العلم والتكنولوجيا لايشتريان ولا ينتقلان، ومن المستحيل، حتى في ميدان البحث، الوصول إلى التحكم في رأس المال العلمي من الداخل، إذا لم يقع الاهتمام بالميدان العسكري. ذلك مستحيل وهذا ماأردت التدليل عليه.

بعد هذا أرى أن الخوف من أن دول الشمال لم تمنح الثالثيين المفاعلات النووية إذا قيل لها أن الغرض هو استعمالها عسكريا. تأكدوا أن تلك الدول تعرف أن الإمكانية واردة، ومع ذلك فهي مضطرة لتصدير تلك المفاعلات، لأن سوق العالم الثالث مربح. لنأخذ فقط مثال فرنسا، عندما يقوم رئيس الجمهورية أو رئيس الحكومة بزيارة دولة من العالم الثالث فإن الملف الثاني الذي يفتح بعد ملف بيع الأسلحة هو المفاعلات النووية.

لا أعتقد أن دولة ثالثية تفكر في اقتناء مفاعل نووي كزينة، وليعلم السيد ڭونزاليس أن ماأطرحه يدخل ضمن اهتماماتي الاستشرافية، إنها اهتمامات تجعلني أصرح من فوق هذا المنبر أن النسبة الغالبة من الأدمغة والكفاءات ستكون من دول العالم الثالث.

إنه أمْرٌ لايملك أحد أن يتحكم فيه، ومصائر العالم ستكون بيد الأغلبية بغض النظر عن موقعها الجغرافي سواء من فرنسا أو إنكلترا أو كاليفورنيا أو الاتحاد السوفياتي...

أود، قبل أن أنهي تدخلي، أن أشير إلى أني كنت في شهر يونيو الأخير بنيروبي بمناسبة الإعلان عن تأسيس الأكاديميّة الافريقية للعلوم برئاسة الأستاذ أوديامبو المعروف بأبحاثه القيّمة، وقد دار بخلدنا جميعا وبعد حادثة (تشير نوبيل) أن نكاتب جميع الحكومات الإفريقية لنقول لها : الزموا جانب الحذر واشرعوا من الآن في اتخاذ كل التدابير، في الموانىء والمطارات، وراقبوا المواد الغذائية، فتهاطلها على قارتنا بكميات كبيرة لا يعني أي شيء إلاّ محاولة التخلص منها لاحتوائها على نسب عالية من الإشعاع، عندما تصل إلى إفريقيا هذه المواد لن تحسموا الموقف بشأنها حتى ولو رميتم بها إلى الأنهار، بل وحتى لو أطمرتموها داخل الأرض، فإنها تحافظ على مضمونها الإشعاعي زهاء ثلاثة قرون. تبقى إمكانية إطلاقها نحو الفضاء الخارجي وهذا أمر عسير.

ماقلته ليس مجرد ضرب من الخيال، بإمكان كل عضو من أعضاء أكاديميّة نيروبي أن يعيده عليكم بالحرف الواحد.

13 — روبير امبرودجي

تمشيا مع الخط الذي سار فيه السيد عز الدين العراقي وباقي الزملاء يمكن أن نتقدم بمقترح يتعلق بالتدابير الواجب اتخاذها في حالة حادث نووي، ونوجهه بالخصوص إلى منظمة الأمم المتحدة للتربية والثقافة (اليونسكو) في إطار برنامج بحوثها الهيدرولوجية على الصعيد الدولي. فمن المفيد جدّا أن تنظم ندوة حول كل ماجرى في ميدان المياه منذ سنة، سواء على مستوى سطح الأرض أو في الفضاء الخارجي أو في عمق الطبقات الجوفية، يشارك فيها مندوبون من كل الدول التي تأثرت بحادثة (تشير نوبيل).

وجوابا على تساؤل السيد أمين السر الدائم أؤكد أن الآثار المباشرة على النباتات هامة جدّا، لأنه من المعلوم كون النباتات تسقى في المراعي بماء الأمطار بنسبة 100% وفي حالة انتشار الأشعة (الراديو أكتيفية) يدرك الجميع خطورة ما يقع، مع العلم أن نسبة 13% فقط من الري هي التي تكون بمياه غير مياه السماء.

هذا يعني أن نسبة 87% من المنتوجات الفلاحية في العالم تسقى بمياه الأمطار وحدها، وعندما تكون هذه المياه ممتزجة بآثار الأشعة فالعواقب وخيمة.

إن مثال حادثة (تشير نوبيل) دال على ذلك، فحقول زراعة الحبوب في أوكرانيا تسقى بواسطة الري الجاف، تغطي هذه الحقول 500 ألف هكتار تعرضت كلها للآثار الإشعاعية، مما دفع المسؤولين إلى إتلاف عشر ملايين من أطنان القمح والشعير والذرة. أتيت على ذكر هذه الحالة لندرك ما ينبغي اتخاذه من تدابير. قدمت نصيحة بغسل النباتات والخضر والحشائش لإزالة آثار الإشعاع. لكن التجارب التي تمت بالمختبرات السويسرية بينت أنه رغم الغسل والتنظيف ولمدة طويلة لم يتغير شيء من واقع الأمر، لأن الذرات امتزجت بالإشعاع.
إن حادثة (تشير نوبيل)علمتنا أشياء كثيرة، وحفزتنا على مزيد من البحث والدراسة.

أما ما يتعلق بالحيوانات، فإن وجود أكلة الحشائش رهن بما تستهلكه في تغذيتها من المراعي التي يتم سقيها أساسا بمياه الأمطار، وحيث إن حادثة (تشير نوبيل) وقعت في فصل ربيع، والأعشاب لم تكن مديدة، فإن البهائم التهمت حشائش مساحات شاسعة أي استوعبت نسباً كبيرة من الاشعاع مما انعكس على إنتاجها من الألبان. إن مثال الرنة التي لا تلتهم إلا النباتات التي تعلو الصخور واضح في هذا المجال بسبب ارتفاع نسبة الإشعاع عندها عشر مرات والأغنام خمس مرات، وهذا هو سبب انتشار ظاهرة عسر الهضم الخطيرة والمعقدة. إن التصدي لهذه المشاكل من ميادين التعاون الممكنة بين الفلاحين وعلماء الزراعة والأطباء.

هذه إجابات جزئية، ذلك لأننا نجهل ما حصل بالفعل، ولعلها تعطي بعض العناصر التي تتيح مواصلة النقاش، وتتيح كذلك بحوثا منهجية شاملة.

14 ـــ جان كلود نينو

سأرد أولا على سؤال السيد أمين السر الدائم حول توعية الأطباء وتكوينهم، وفي اعتقادي أنها قضية هامة جدّا، ترتبط بجانبين إثنين : الجانب الأول هو تدخلهم في حالة الحادث، إذ على الرغم من أن دورهم محدود ـــ علما بأن التمييز بين من يستوعب الأشعة ومن لايستوعبها يتطلب تخصّصا دقيقا ـــ فإن الهيئة الطبية يمكن أن تلعب دور الوسيط بحكم مصداقيتها وارتباطها بالسكان. من هنا ضرورة أن تكون على خبرة بالمبادىء الأساسية التي تضمن نقل المعلومات نقلا صادقا.

الجانب الثاني هو منح الأطباء الكفاءة العالية. هنا يتدخل العمل التعبوي والتكويني.

وإذا كان لايحق لي أن أتكلم باسم السلطات الفرنسية لأني لست واحدا منها، فإني أعلم أن هذه السلطات تعكف حاليا على التفكير في الموضوع بغية التوصل إلى برنامج عمل.

ما هو هذا البرنامج ؟ لا أملك معلومات أعرضها عليهم، ولكنه سيكون بلا شك من النتائج الإيجابية التي ستسفر عن حادثة (تشير نوبيل)، وأستسمحكم على هذه الدعابة اللفظية.

أما عن موضوع التغذية فلا أطمع الآن أن أقوم بتحليل عميق قد يذهب بنا بعيدا، ولكن سأكتفي ببعض الإشارات المفيدة. إن الانطباع الذي لدي هو أن حادثة (تشير نوبيل) كانت كارثة على المواد الغذائية في الاتحاد السوفياتي، وفي مناطق محدودة من أوروبا كانت تجتاز آنئذ فترة أمطار عاصفية. أما بالنسبة لباقي بلدان أوروبا الغربية أو الشرقية ــ التي كان يفترض أنها الأكثر تعرضا لآثار الحادث ــ فإن مستوى الضرر الغذائي لم يكن بالغ السوء. لقد ذكرت ما وقع لفصيلة الرنّة والأغنام، ومع ذلك فإن الأمر في الحقيقة لم يكن مقلقا. أرى أنه ينبغي التمييز بين مشكلين : مشكل العناصر ذات العمر المحدود كعنصر (اليود 131) الذي يمكن التحكم فيه من خلال أيامه الثمانية الأولى لأنه لا يستوعب الأشعة، وحتى إذا خالط الألبان يكفي تحويلها من حالة السيولة إلى مادة مسحوقة لتستهلك دون أدنى خطر بعد مرور مدة وجيزة.

المشكل الثاني الحقيقي هو مشكل عنصر (السيزيوم) وهو عنصر فلزي شبيه بالبوتاسيوم، ومن حسن الحظ أن تكييفه بسبب الحادث كان ضعيفا لم يتجاوز الحدود المعقولة. وعليه فإن الأوضاع في أوروبا، وأستثني الاتحاد السوفياتي لم تصل حد الخطر الفادح.

15 ــ فريدريك نيهوس

أريد أن أعلق على نقطتين : الأولى تتعلق بطاقة الاندماج، والثانية بمصادر الطاقة الأخرى.

أما فيما يخص تكنولوجية الاندماج، أريد أن أضيف إلى ما قاله السيد غونزاليس بأنني سأفرح كثيرا يوم تفتح أول محطة تجارية لإصدار هذه الطاقة في منتصف القرن المقبل. لكنني أظن أنه، رغم هذه التكهنات، علينا أن ندرك أن الاندماج يتطلب تكنولوجيا أكثر صعوبة وأكثر تعقيدا من تكنولوجيا الانشطار النووي. بالإضافة إلى هذا فإن محطات توليد طاقة **الاندماج** محطات ضخمة للغاية سوف لا تنتج أقل من 3000 ميغاوات. ولا أرى من جانبي كيف يمكن لهذا الإنتاج الهائل أن يدمج في إطار مخططات التنمية لعدد من الدول النامية. كما أن الاندماج تصدر عنه لائحة طويلة من المواد الإشعاعية، مثل **التريسيوم**، وكذا ألسنة النار المشعة.

أقول قولي هذا، لكنني أؤكد في نفس الوقت على ضرورة تطوير البحث حول طاقة الاندماج، وهذا بالفعل هو ما تساعد عليه حاليا، وبكل الوسائل، الوكالة العالمية للطاقة.

أما فيما يتعلق بمصادر الطاقة الأخرى فإنكم تتفقون معي، ولا شك، على أننا مطالبون في المستقبل باللجوء إلى جميع مصادر الطاقة المتوفرة. والبديل الوحيد للطاقة النووية ليس هو النفط أو الغاز الطبيعي كما يتبادر إلى الذهن، بل هو الفحم. وقد لوحظ ذلك خلال السنوات الأخيرة، حيث إن الولايات المتحدة وكذلك كندا قد وجدتا أن تكلفة استخراج الطاقة من الفحم في محطات قريبة من المنجم أقل بكثير سواء ماديا أو من ناحية الوقت، من تكلفة بناء محطة للطاقة النووية.

ما هو الحل لهذا المشكل إذن ؟ إنه يكمن في تطوير وحدات صغيرة وبسيطة الصنع لتوليد الطاقة النووية تتوفر فيها جميع شروط الأمن الممكنة، وتكون على درجة عالية من الآلية. وفي هذا حل لإشكالية العلاقة بين الآلة والإنسان، إذ أن التشدد في تحديد المعايير من جهة، وتبسيط تقنيات هذه المحطات من جهة أخرى، من شأنه أن يشجع على إنتاج أعداد كبيرة من هذه المحطات وأن يسهل إجراءات الترخيص بتنفيذها.

اسمحوا لي في الختام أن أضيف صوتي إلى صوت السيد غونزا ليس في ملاحظتين، أولهما : أننا في إطار الموضوع المطروح علينا هنا يجب أن نفرق بين استخدام الطاقة لأغراض عسكرية واستعمالها لأغراض سلمية. وثانيهما : أننا مطالبون بالتوصل والاتفاق على منهج موحد لتقييم الأخطار الناجمة عن أي تطور تكنولوجي سواء في مجال الصناعة الكيماوية أو النووية أو غيرها.

16 ــ أحمد مختار امبو : مدير الجلسة

أود أن أشكر الزميل الدكتور عز الدين العراقي مدير الجلسات على العرض التمهيدي الذي قدم به موضوع الدورة، فاتحا به باب المناقشة والتداول. كما أشكر الزملاء والخبراء الدين ساهموا بمداخلات أو مناقشات خلال جلستي اليوم.

وأرى أن ما دار بيننا منذ هذا الصباح، أظهر الأهمية التي تكتسيها الطاقة النووية، وما يمكن أن تتسبب فيه من حوادث مقلقة مثل حادثة (تشير نوبيل)

لقد أبرزت العروض والمداخلات أن الدول التي تملك مفاعلات نووية تبذل بالفعل قصارى جهودها لتقليل إمكانية وقوع الحوادت أو على الأقل تخفيف حدتها وخطورتها. وأضيف أن المتدخلين أوضحوا كون حادثة (تشير نوبيل) ترجع إلى هفوات بشرية كما يطرح قضية الكفاءة في التأطير والتشغيل داخل المحطات النووية.

هناك جوانب أخرى وقع التطرق إليها بخصوص التدابير الظرفية التي يمكن اتخاذها للتحكم في الحوادث النووية، والحيلولة دون أن تكون لهذه الحوادث آثارا خطيرة على الإنسان، سواء مں النواحي الطبية أو الغذائية قريبة أو بعيدة المدى.

ذكر بعض الزملاء كذلك أننا نعيش في عالم أصبح موحّدا، وأصبحت ظروف الحركة الكوكبية من التعقد ما يجعلنا عاجزين عن رصدها من أية نقطة في الأرض، ذلك مادلت عليه مستويات انتشار الأشعة واتجاه الرياح.

أعتقد أن الاتفاق كان تاما بين الجميع على أنه بغض النظر عن التدابير الظرفية التي يمكن اتخاذها، داخل قطر أو ناحية لابدّ من دراسة الموضوع على مستوى دولي، وفي هذا الصدد قدمت اقتراحات استهدفت بالأساس المنظمات الدولية. وفي رأيي أن المنظمة التي تتحمل القسط الأكبر من المسؤولية هي «الوكالة الدولية للطاقة الذرية»، وحسب علمي تتعاون هذه المنظمة مع منظمات أخرى تابعة للأمم المتحدة للتصدي لمشكل الحوادث النووية، ولو أنه تعاون يحتاج إلى مزيد من التوثيق في ميادين أخرى مثل ميدان المياه من خلال البرنامج الهيدروليكي الدولي. ولم يفت بعض الزملاء أن يشير إلى برنامج الدراسات (الأوقيانوغرافية) عبر لجنة الحكومات التابعة لليونسكو وبرامج المنظمة الدولية للأرصاد الجوية التي عليها أن تهتم بما قد يطرأ على الأحوال الجوية من جراء الحوادث النووية.

أزيد فأقول إن نفس التعاون يجب أن يتوثق مع منظمة الأغذية والزراعة من

حيث آثار الحوادث على التغذية والفلاحة. وهنا تطرح قضية أخلاقية أشار إليها الزميل المهدي المنجرة، وهي تسويق الكميات الهائلة من المواد الغذائية المستوعبة لجرعات كبرى من الأشعة والموجهة إلى دول العالم الثالث. لست متأكدا من أن الدول المصدرة لهاته المواد على علم مسبق بواقع الأمر، ولكن العهدة تقع على أشخاص لاهمّ لهم إلا الاستغلال والتهافت على الربح دون اعتبار لمصالح الناس، وتلك علامة بارزة على أزمة القيم في العالم المعاصر وغياب الضمير الخلقي لدى البعض.

إن مناقشاتنا أبانت عن ضرورة اعتبار الإنسانية في شمولها ووحدتها في كل حل مقترح. ومن قبيل البداهة التأكيد على ضرورة الاستفادة من العلم والتكنولوجيا من أجل تحسين شروط العيش.

أقول وأكرر دائما أن العلم كوني في جوهره، وكونيته هاته تفرض التحكم فيه من قبل كل البشر وفي كل مكان، وهذا أمر مشروط بالوعي، وعندما يتحقق ذلك التحكم سيتغير العالم نحو الأفضل.

بعد هذه النظرات العلمية والتقنية والطبية سيفتح المجال الآن للمعالجات القانونية والدولية من خلال هذا الطرح الشمولي والكوني الذي أصبح يفرض نفسه أكثر فأكثر.

17 ـ عز الدين العراقي : مدير الجلسات

أشكر الزميل روني جان دوبوي الذي ذكرنا بالقاعدة القانونية المتعلقة بالحماية ضد التلوث الذري، مدققا بأن الأمر قائم في القواعد المعمول بها حاليا. كما ذكرنا من جهة أخرى بالاجتهاد القانوني حول موضوع الآثار السلبية على البيئة في حالة التلوث المخترق للحدود، وكذا التطور المنطقي الذي أدى أخيرا إلى اتفاقيتين دوليتين هامتين جدّا : أولاهما حول تحديد درجة الحوادث النووية، وثانيتهما حول المساعدات التي على الدول تبادلها فيما بينها.

أيها الزملاء بعرض السيد دوبوي نكون قد أنهينا العروض المدرجة في برنامج الدورة، ولدينا وقت قصير للنقاش قبل أن أنهي هذه الجلسة، لأننا مدعوون من قبل الأكاديميّة الفرنسية التي ستستقبل رسميا أكاديميتنا الملكية في الساعة الثالثة إلاّ خمس دقائق، أعطي الكلمة إذن إلى السيد محمد شفيق.

18 ـــ محمد شفيق

بعد الاستماع، لمدة يومين، إلى العروض والتّدخّلات القيِّمة التي توالت في نطاق ندوتنا هذه، أود أن أطلعكم على الارتسامات التي تكوّنت لديَّ شخصياً.

يبدو أن الطاقة النووية قابلة لأن تُرَوَّض؛ بل قد رُوِّضت بالفعل إلى حدّ لابأس به. هذا هو مجمل ما يُمكن أن يقال في شأنها، مادامت الغاية من استعمالها غاية مدنية سلميّة. وبناء على ذلك، يمكن القول إن طموح كل بلد من البلدان وكل جهة من جهات العالَم إلى اقتناء التِّقْنيَّات النووية طموح مشروع، وأنّ من المعقول أن تسعى كل دولة لتسخير الطاقة الذُّرِّيَّة السلمية لدعم اقتصادها في الظروف الملائمة للحفاظ على سيادتها وللعمل من أجل التقدّم العلميّ.

وعلى العكس من ذلك، يبدو أن الآراء متناقضة فيما يخص وضع الجانب العسكري للتِّقْنيَّات النَّوويَّة. وهو وضع لايبعث على التفاؤل. لقد حاول أمس أحد الخطباء أن يقنعنا بأن تطوّر الضّوابط الفنيّة لاستعمال الذرّة تطوُّر إيجابيّ، وبأنّ الأجهزة والترتيبات المعتمدة أصبحت كفيلة بأن تضمن سلامة الإنسان وأمنه؛ غير أني أعتقد أن الحلقة الأساسية من حلقات التنظيم والضّبْط لايُهتمُّ بها الاهتمام الكافي، بل هي حلقة مُغْفَلة، ألا وهي الإنسان.

ولذا يتعيَّن العمل على استشارة أكثر عدد ممكن من الخبراء والعلماء المتخصِّصين في مختلف ميادين المعرفة، العلمية منها و «غير العلمية». إنّ من يطَّلع على آراء أولئك الخبراء والعلماء، في شموليّتها ومن حيث هي استقطاب للنظريات المتخصِّصة، يشعر بأن هناك تخوُّفات من نوع جديد، كانت في الواقع ومنذ عقود من الزَّمن هي المبعث الخفي لتشاؤم المتشائمين من «الأخلاقيّين» و «البئويّين». ويوجد في طليعة الخبراء الذين عبّروا عن تلك التخوّفات بوضوح، علماء الوراثة البيولوجية، ذلك أنهم ينبّهون إلى أن البشرية قد وقعت في دوَّامة نَسَقٍ هائل من الأنساق الكونية التي لا «تشفق ولا تَرْحم» والتي يَعْسُر التحكّم فيها أو يكاد يكون مستحيلا، خلافاً لِما يدّعيه التِّقنيّون، حتى ذوو المهارات منهم وذوو النوايا الحسنة. أما تفسيرات علماء الوراثة البيولوجية وشروحهم فليست من نوع الشروح والتفسيرات التي نسمعها في أحاديث الناس عن «الشتاء النووي» أو عن «الظلمات الذُّرية» أو عن الإشعاعات، أو عن التلوّث، تلوّث الماء والهواء، إلى غير ذلك من الأشياء التي تعوّدنا سماعها، بل هي تفسيرات وشروح تتناول

موضوعات أبسط وأهمّ. إنها تعرض على بساط الدرس والتحليل الدَّور الذي يقوم به الإنسان في نظام الحياة، بصفته عنصراً من عناصر ذلك النظام وعاملاً من عوامل تطوّرِه، وحصيلةً مثلى من حصائل فاعليَّتِهِ، وها هو الإنسان يسعى، من حيث يشعر ومن حيث لا يشعر، للقضاء على الحياة بوضع حدّ لتطوّرها على وجه البسيطة. وقد أحضرتُ لهذا الجمع الموقّر فقرات معبِّرة بليغة ممّا كتبه أحد علماء الوراثة البيولوجية، فقراتٍ من باب الفكر المنعوت بالشآمة لدى أناس يُعوزهم ما تتطلّبه القراءة الجادّة الهادفة من صبر وأناة وتأمّل. ورجائي منكم أن تنصتوا بمزيد من الانتباه والاهتمام إلى ما يقوله لنا ذلك البيولوجي في حديثه عما يسمّيه ب «تنظيم الذات بالذّات»، إحدى خاصّيات الأنساق الكونية المعقّدة. يقول لنا :
«إن « تنظيم الذات بالذات» عبارة عن مغامرة مستقلّة، ليس إمكان القيام بها موقوفاً على الكائنات الحية. إن هناك أنساقاً اصطناعية نُنشِئها بأيدينا ونعتبرها جامدة هامدة، مع أنها قادرة أن تقوم بمغامرات من قبيل «تنظيم الذّات بالذّات»، عندما تكون قد جاوزت في التعقيد درجة معيَّنة، لا سيما إذا وُجد من بين عناصرها المكونة لها كائنات حيَّة، وبالأحرى أناسيّ». ويضيف ذلك البيولوجي، موضّحاً لقوله، مُصرِّحا بعد تعريض : «وخير مثال للأنساق «المنظّمة لذواتها» ذلك الجهاز الضَّخم الهائل المعبَّأ لتدمير الأرض وما عليها، ذلك الجهاز الذي هو في مرحلة نموّ، والذي مايفتأ البشر يخدمونه عن رضيً وطواعية متزايدَيْن، مُوَفَّقِينَ في خدمته أيّما توفيق. وكأنَّ ذلك الجهاز — منظوراً إليه في شموليته — يعتمد حَرَكِيَّةً ذاتيَّة تمكّنه من التطوُّر والنموِّ، مُستهلكاً من أجل ذلك الطاقة البشرية ومستغلاً لذَكاء الإنسان،.. خَارِجَ إرادة الإنسان»[1]

إنه لوصف بليغ للوضع الناتج من تطور السلاح الذرّي، ذلك التطوّر الذي يأسف له الفيزيائي ويخدمه في آن واحد، ذلك التطور الذي يوفّر له التِّقنيُّون أسبابه غيرَ مسائلين أنفسهم عن مغبّاته، إذ يشغلهم عن التساؤل انبهارهم أمام فاعليّة عَملهم؛ ذلك التطور الذي ينشده رَجُل السياسة ويحرص على تحقيقه القائد العسكري. وكأن العَالِم الفيزيائيَّ والمهندس النووي ورجل الدولة والقائد العسكري أصبحوا جميعا دَوَاليبَ مسخَّرةً داخل مُنتَظَمٍ ميكانيكي جبّار يندفع

(1) ألبير جاكّار، في مؤلّفه : «الحرِّية المتوارثة، من الحيوانية إلى الإنسيَّة» نشر «لُوسُويْ»، باريس، 1986.

بقوّة ذاتية، منطلَقُ اندفاعه البحثُ المحموم عن المادة النووية الخامّ وغايتُه دويُّ القنابل المشعة الفتّاكة. وهل لِلدَّواليب أن تفكّر، وهل لها أن تَعِيَ وتُمَيِّزَ ؟

والأخطر من ذلك هو أنّ هؤلاء البَشر «المُشَيَّئِينَ» لا يزالون ينساقون لعواطف وغرائز واعتبارات ورثتها الإنسانية عن عهود ضاربة في القِدم.

أجل، إننا لانزال نفكّر بعقلية الإنسان القديم الذي كان ينوّه بشجاعة الشجعان ويندّد بجبن الجبناء، الذي كان يُكْبِر شأن المحارب المقدام ويغضّ من قدر كل نكّاص مِحجام. فكأننا لانزال نعيش في عهد المبارزات والمنازلات؛ في عهد السيف والرّمح، أو عهد الدبّوس. ألم يبلغ إلى علمنا جميعا أن أحد رجال الدولة خَذَله الرأي العامّ في بلده، وأُبْعِدَ عن مركز الحكم، لأنّه «سلك سلوك الجبناء»؛ فأُلقِيَت بعده مقاليد الأمور إلى «فارس مغوار» على أتمّ استعداد للانقضاض على العدوّ بسرعة الصواريخ أو الطائرات النفّاثة المثلّثة لاختراق جدار الصوت.

ذلك هو وضع السلاح النووي في نسقه المعقّد المتكامل «المنظّم لنفسه بِنفسه» وَالإنسانية في ذهول لا تكاد تعبأ بوجوده. ولكن ــ وهذا هو بيت القصيد من كلمتي هذه ــ لكن لا يجدر بنا أن نلوم الإنسان المُتْخَم الشّبعان الريّان الفارِه المدلَّل؛ لايجدر بنا أن نسأله ما قد فَقَد، لاسيّما أنه يعيش في نشوة دائمة تُسبّبها له قوّته المادّية الخارقة. ومن هذا المنظور يمكننا أن نحمَد وجودَ «إنسانية متخلّفة». لاتعجبوا، أيها السادة، لاتعجبوا ! إن وجود «الإنسانية المتخلّفة» لعبارة اليوم عن وخزة ضمير تشعر بها باستمرار «الإنسانية المتقدّمة». فعلى «المتخلّفين» أن يستغلّوا هذا الوضع وأن يصبحوا هم ضمير العالم. إن لهم الحقَّ في ذلك بما أنهم يشكّلون الأغلبية في مفهومها الديموقراطي. ولا يُعوزهم إلا الإرادة؛ إن الواقع المؤسف هو أن «العالم الثالث» تدعو حاله إلى الشفقة والرثاء. ألا نراه يجري لاهثاً وراء بضاعات مادّية ومعنوية زائفة يلوِّح له بها العالَمُ المصنِّعُ المُتْرَف ؟ ! ألا نراه يرتدي كل ثوب لبيس نضاه «الأغنياء» عنهم، ساعياً بذلك للتشبُّه بهم وللتظاهر بالقوة والغنى ؟ إن عليه والله، أن يتّجه وجهة أخرى، وأن يسلك الطريق الذي يكون قد اختاره لنفسه، في هدوءٍ واطمئنان. فعلى «العالم الثالث»، مثلا، أن يجد من بين أبنائه رجالا عظاماً ــ وهو لايعدَم الرجال العظام ــ ليسند إليهم مهمة دعم السلم على الكرة الأرضية، مهمّة ترسيخ حبّ السلم في العقول والنفوس، جاعلاً منهم «غانديهات» على مستوى القارات الخمس.

وسيشرح أولئك «الرسُل» للناس كافة وللشعوب عامة أن كلمة «حرب» لم تعد صالحة للتعبير عن الدّمار النووي الذي أصبحت البشرية وأصبحت جميع الكائنات الحيّة معرّضة له؛ ويشرحون كذلك أن الحرب في مفهومها التقليديّ لم تعد كفيلة بحسم النزاعات بين الأمم.

فممّا لاشك فيه أن الإجراءات ذات الطابع القانوني والتنظيميّ ضرورية، وأن لها نفعَها؛ لكنها محدودة الفعالية، كما هو معلوم، مادام تطبيقها غير معزّز بقوة دولية مسؤولة عن التنفيذ.

ولهذا يظهر لي أن على الإنسانية ابتكارَ مفاهيم «أخلاقية» قمينة بأن تتجاوب ومتطلّبات الوضع الجديد الذي لم يسبق له نظير في تاريخ بني آدم.

فَلْنَستَوْحِ أحَد تلك المفاهيم من تاريخنا المعاصر. لقد حدث أثناء الحرب العالمية الثانية حدث اعْتُبر فيما بعد أنه «جريمة اقتُرفت ضدّ البشرية».

تُرى، أيّ نعت يمكن أن تُنعت به الجريمة التي قد تؤدي في لحظة بالبشرية جمعاء، وتبيد الحيوان والنبات والحشرات والديدان ؟ إنها جريمة، لو تُرتكَب لاقدَّر الله، لن يُحَاكَمَ مقترفوها في «نورمبرك» ولا في غير «نورمبرك».

ولذا يتعين على البشرية أن تتّقي شرَّها بكل ما لديها من الوسائل. ومن أجل ذلك أرى من الضروري أن يصطلح النّاس على مفهوم «أخلاقي» جديد تُدان بمقتضاه كل «محاولة ترمي إلى إبادة الإنسانية». وهو مفهوم، لو يُلقَّن الأجيال الصاعدة بمنهجية محكمة سيؤتي أُكله لامحالة. ومن الأمور التي ينبغي أن توضع في خانة «المحاولات الرامية إلى إبادة الإنسانية» الظلم في جميع أشكاله، لاسيما منها ما يمتدّ إلى شعوب بأكملها؛ وكذلك عنتريّات الرؤساء والزعماء «الكبار» الذين تتوفّر لهم وسائل التّخريب. وحَبَّذا لو يُندَّد في المدارس والمساجد والكنائس والبِيَع بكلّ عَمَل وبكلّ سلوك من شأنه أن يجرّ إلى بيَاد الإنسانية...، وَحَبَّذَا لو يوضع في قفص الاتّهام كل عالمٍ أو خبير يسهم بكيفية أو أخرى في صنع القنابل الذريّة والهيدروجينية وغيرها من وسائل الانتحار الجماعي المعلّقة بخيط واهٍ فوق رؤوسنا؛ ومن واجب العلماء أنفسهم، ومن واجب رجال التقوى والصلاح، أن يكونوا هم أوّلَ من يتّهم وأوّل من يُدين.

19 ــ برناردان ݣانتين

لقد أظهر جلالة الملك الحسن الثاني مؤسس وراعي أكاديميتنا عن حكمة وتبصر باختياره موضوع هذه الدورة، وهو موضوع كان قد عرضه قداسة البابا للدرس والتحليل على أكاديميّة العلوم الدينية بالفاتيكان، وقد أسفرت الدراسة على بيانات ثلاثة :

ــ بيان سنة 1981، حول عواقب استخدام الأسلحة النووية

ــ بيان سنة 1982، حول الوقاية من الحرب النووية

ــ بيان سنة 1983، حول الشتاء النووي.

وتبرز هذه البيانات في مجملها أن الحوادث النووية تسفر عن تدمير عدد من المزروعات والنباتات المفيدة للحياة ولصحة الإنسان، وكذا توقف الامداد بالعناصر الضرورية للبقاء والاستمرار كالماء، وتفسيخ العلاقات الاجتماعية.

ومن هنا ضرورة التأكيد على مسؤولية الدول في إعداد السكان وجعل الإنسان يتلاءم مع مخاطر الطاقة النووية. كما تتحمل نفس المسؤولية الجمعيات، وخاصة جمعيات الشباب والمراهقين التي هي وسط طبيعي لتعليم الحياة. وأخيرا للمنظمات التطوعية دور هام، إذ تتحمل مهام سيكولوجية ولوجيستيكية، باعتبار أنها مؤسسات بسيطة وسريعة التحرك وفعالة تلبي المتطلبات الجماعية للتضامن البشري.

20 ــ عبد الهادي التازي

أريد أن أشيد بالبحوث القيمة التي تمتّعنا بالاستماع إليها، وأود أن أدلو بدلوي لأثير الانتباه إلى أثر الحوادث النووية في تهافت المفهوم التقليدي للحدود الإقليمية.

لقد أثبتت الحوادث النووية المتكررة، أن أخطار الإشعاع النووي لا تتوقف عند حدود الدولة التي تقوم باستخدام الطاقة النووية. فهذه الأخطار سواء نتجت عن الاستخدام العسكري أو الاستخدام السلمي، يمكن أن تنتقل عبر الحدود السياسية لتصيب الدول الأخرى بإضرار نووية جسيمة.

فتجارب التفجيرات النووية منذ أواسط الخمسينات، سجلت تساقط الإشعاع النووي في العديد من الدول، وسبّب بعضها أضراراً في أرواح وممتلكات الدول

الأخرى مما أثار قضايا قانونية في العلاقات الدولية. فقد أدت تجربة تفجير القنبلة الهيدروجينية الأمريكية في جزر «بيكيني» في المحيط الهادي عام 1954 إلى إغلاق مناطق شاسعة من البحار العالمية ومنع الملاحة البحرية والطيران فوقها. كما عرضت سكان جزر مارشال للإشعاع النووي، وأصابت العشرات من الميادين والرعايا اليابانيين بالإشعاع النووي الضار. وفي يناير 1966 اصطدمت طائرتان عسكريتان أمريكيتان فوق الشاطىء الإسباني، إحداهما قاذفة قنابل نفاثة والأخرى طائرة إمداد بالوقود، ونتج عن ذلك سقوط أربعة قنابل هيدروجينية فوق شاطىء بالوماريس الإسباني. وهو ما أدى إلى وقوع إصابات عديدة وإلى إتلاف المحاصيل الزراعية ومنع النشاط الزراعي والصيد في هذه المنطقة بالإضافة إلى نقل كميات كبيرة من الأتربة الملوثة بعيدا.

وإذا كانت الأضرار الناتجة عن الاستخدام العسكري النووية قد أكدتها طائفة من الأحداث التي وقعت بالفعل، فإن استخدام الطاقة النووية في الأغراض السلمية، لم تتضح مخاطره بصورة جلية إلاّ بعد وقوع حادثة تشير نوبيل بالاتحاد السوفياتي يوم 26 أبريل 1986. إذ أن هذه الحادثة أبانت عن حقيقة مفزعة، وهي أن مخاطر الإشعاع النووي لا تقتصر على الاستخدام العسكري، وإنما قد تنشأ عن حوادث طارئة عند الاستخدام السلمي، وبعد اتخاذ إجراءات الأمن اللاّزمة. كما أنها لا تقتصر إلى مرحلة تشغيل المحطات أو المفاعلات النووية، أو على حدوث أخطاء بشرية أو تقنية عند هذا التشغيل، بل تمتد إلى مرحلة ما بعد التشغيل، أي إلى مرحلة التخلص من النفايات والبقايا النووية.

لقد أثبتت حادثة تشير نوبيل وغيرها من الحوادث النووية، أن هناك أضراراً محققة تنشأ عن النشاط النووي على اختلاف أشكاله، وتتعدى حدود أقاليم الدول التي تستخدم الطاقة النووية إلى مناطق الجوار كأقاليم الدول الأخرى وأعالي البحار والفضاء الخارجي. وقد ازدادت هذه الأضرار وأصبحت ملموسة خصوصا بعد أن تعددت حوادث المفاعلات النووية في العديد من الدول.

وهكذا فإن استخدام الطاقة النووية أصبح من أكثر الأسباب تهديدا للحياة البشرية، ومن أهم الأسباب لتلوث البيئة، لا سيما وأن أخطاره تفوق أخطار الأمطار الحمضية والغازات السامة وسقوط الأجسام المصفحة فوق المناطق الآهلة بالسكان، وغير ذلك من المواد والأشياء المضرة بالإنسان والحيوانات والنباتات.

ذلك أنه أصبح من الجائز الآن بعد تشير نوبيل أن تقتحم الإشعاعات حدود أية دولة، لتأتي على الأخضر واليابس، وتلوث المياه والنباتات والمنتجات الحيوانية على أنواعها، وتشوه الأجنة في بطون أمهاتها، وتصيب الناس بالسرطان ليس في وقت الحادثة فقط وإنما في المستقبل وبعد أعوام كثيرة.

فالمفاعل المنفجر بتشير نوبيل أدى إلى تسرب الإشعاعات النووية إلى الدول المجاورة للاتحاد السوفياتي وكذلك إلى دول غرب أوروبا. وقد سارعت هذه الدول إلى إتلاف كميات كبيرة من الخضروات والفواكه والألبان واللحوم الملوثة بالإشعاع النووي. ولكن هذه الإجراءات لها طابع سلبي، لأنها تهدف إلى مواجهة الأخطار الوقتية دون التعامل مع مصدر الإشعاع نفسه والعمل على إيقاف تسرب الإشعاع، وهذا ما انفردت به روسيا وحدها، لأن المفاعل المنفجر يقع داخل أراضيها، وهو ملكية خاصة لها، في حين أن أخطاره لا تهددها وحدها، وإنما انطلقت الإشعاعات النووية من أوكرانيا في كل اتجاه، دون أن يكون في إمكان من يتهددهم ويستهدفهم هذا الخطر، أن يوقفوه، لأن الحدود الدولية تقف حائلاً دون ذلك.

كل هذه المعطيات الجديدة، تؤكد تهافت وسقوط المفهوم التقليدي للحدود الإقليمية، ليحل محله مفهوم آخر هو مفهوم الحدود النووية. فإذا كانت الحدود السياسية للدولة المتعارف عليها منذ قرون عديدة تتميز بالثبات ووضوح المعالم، وبإمكانية رسمها على الخرائط وفي عين المكان، وإمكانية الحيلولة دون اختراق هذه الحدود وكشف الستار عما يجري وراءها، فإن هذه الحدود التقليدية في العصر النووي لم تعد حائلاً أمام الخطر الخارجي، ولم يعد بالإمكان إطلاق صفارات الإنذار أو إعلان الحرب لمواجهة أخطار الإشعاع النووي.

وإذا كانت الحدود بمفهومها التقليدي لم تعد قادرة على وقف الخطر الخارجي المتمثل في الإشعاع النووي، الذي لا يميز بين الداخل والخارج ولا بين العدو والصديق، فإن هذا الواقع الجديد أدى إلى اقتناع الجميع بضرورة العمل على تجنب مخاطر تسرب الإشعاع النووي، ومضاعفة إجراءات الأمن والسلامة في المفاعلات النووية، وبالتالي إلى توطيد وتدعيم التعاون الدولي في مجال مكافحة مخاطر تسرب الإشعاعات النووية.

وفي هذا الإطار، يبدو لنا، أن الخطوات الضرورية الأولى في هذا المجال تتمثل

فيما يلي :

أولاً : وضع قوانين دولية عن طريق المعاهدات تتسم بدرجة أكبر من الإلزام فيما يتعلق بالمراقبة الدولية والتحقيق في الحوادث التي تهدد المصادر الإشعاعية.

ثانيا : تكوين هيئات دولية ذات خبرة في مجال البيئة للتعامل مع المشاكل التي تهدد المصادر الإشعاعية.

ثالثاً : تطوير التعاون الدولي الإقليمي والعالمي في مجال الأبحاث والإجراءات الوقائية اللاّزمة لسلامة المفاعلات النووية.

21 ــ رجاء كَارودي

أريد أن أتناول قضية تقييم المخاطر أو كلفة الطاقة النووية من زاوية مُعاينة خِبْرات أربع :

1) **معاينة الخبراء التقنيين** : عندما تبدأ شبكة المحطات النووية في العمل، يركز التقنيون على التقليل من قيمة المخاطر لتبريىء ذمة المهندسين، ففي سنة 1972 أذاعت الوكالة الأمريكية للطاقة الذرية تقرير (راسمونس) وهو مؤسّس، حسب ادعاء محرريه، على معطيات قدمتها الشركات الخصوصية التي شيدت المحطات، يؤكد هذا التقرير أن احتمال وقوع حادثة نووية خطيرة هو 1 كل 20 ألف سنة.

وفي سنة 1979، ذكر بلاغ صادر عن نفس الوكالة أن التقرير المشار إليه ليس «محط ثقة». في نفس الاتجاه تُعرض علينا حاليا إحصائيات تحاول البرهنة على أن الحوادث النووية أقل خطورة من الحوادث التي تسفر عن الصناعات الأخرى المنتجة للطاقات غير النووية. إن هذه التقديرات الغريبة لاتأخذ بعين الاعتبار سوى من يموت مباشرة، في تناقض ساخر مع الواقع.

لقد بين لنا السيد جان بيرنار أنه انطلاقا من تجربة هيروشيما، لم تظهر موجة الإصابات بالسرطان إلا بعد خمس سنوات. (حادثة تشير نوبيل) وقعت منذ سنة فقط.)

وخلال إنذار حادثة (تري مايلز ايسلاند) بهاريسبورغ كانت حكومة الولايات المتحدة قد خططت لترحيل 950 ألف شخص، وبعد تشير نوبيل وقع ترحيل

130 ألف شخص، فما هي الصناعات الضرورية في حالة الحادثة النووية لاتخاذ تدابير الأمن ؟

2) **معاينة الخبراء الاقتصاديين** : في سنة 1980 أكد المدير العام للكهرباء بفرنسا (معززا برأي عديد من الخبراء) أن كيلو وات نووي أرخص ثمنا بالنسبة لباقي الطاقات غير النووية. إذن السؤال الذي يمكن طرحه هو : إذا كان خزن ومراقبة النفايات الذرية يستغرق مئات السنين كيف نقدر بالأرقام تكلفة عمليتي الخزن والمراقبة خلال 500 سنة لنحصل على «ثمن العائد» ؟

يتطلب البحث عن مناطق المستودعات حاليا مصاريف باهظة، وبعد البحث تأتي مرحلة الإعداد التي تكلف بدورها اعتمادات بنفس المستوى إن لم يكن أكثر. لنتذكر هنا أن التقدير الأولي لـ «الفونيكس الممتاز» بفرنسا يبلغ 4 ملايير. وفي سنة 1980 كان يكلف أكثر من 10 ملايير. وبعد تسرب الصوديوم سنة 1987 فاقت التقديرات كل هذه المستويات.

انطلاقا مما ذكر ماذا يعني تقييم «ثمن العائد» بالنسبة لكيلو وات نووي ؟

3) **معاينة الخبراء العسكريين** :

خلال المناظرة الشهيرة التي نظمت حول الدفاع العسكري لفرنسا (نشرت وقائعها في مجلة «مفارقات» في 31 ماي 1980) ذكر المقرر (الجنرال كالوا) أنه بثمانية رؤوس نووية منخفضة القوة نسبيا (40 ميگاطون) يمكن تدمير مجموع منطقة باريس وضواحيها (ص 116 من التقرير). ويضيف «في أحسن الافتراضات بشأن الإنذار التقني (أي الوقت الفاصل بين انطلاقة الرأس ووصوله، من 4 إلى 5 دقائق) يستحيل وضع السكان بمنأى عن الآثار الممكنة».

ويوجه (الكولونيل شامبو) هذا الإنذار إلى الاستراتيجيين وهو يناقش بحدة الخبير الألماني (فون كاجينيك) «إن محطاتنا الذرية هي بمثابة قنابل ذرية موضوعة فوق أراضينا، ويكفي الشروع في عملية إطلاق غير مُكلفة أو عملية تخريب ليحدث تسميم الفضاء الجوي». (صحيفة **لوموند** بتاريخ 16 غشت 1979).

السؤال بالنسبة لدولة عظمى من المرتبة الثانية من حيث امتلاك شبكة المحطات النووية هل هي في وضع يتيح لها الدفاع عن نفسها عسكريا ؟

4) معاينة الخبراء السياسيين :

وقع ضبط الاحتياطات اللازم اتخاذها في حالة وقوع حادث نووي بفرنسا وفق خطة (أورسيد ـــ راد) ابتداء من تاريخ 3 غشت 1969. لكن ينبغي أن نقر بأن المخاطر النووية التي يوجد السكان عرضة لها تفوق بكثير الاحتياطات المتخذة من قبل السلطات لمواجهة الحوادث، لأن تلك المخاطر تغطي «منطقة تضم مقاطعات عديدة». هذا يعني أن الاحتياطات، رغم الادعاء بكفايتها، غير ذات جدوى، وهذا ما دفع إلى التستر على الخطة لمدة 20 سنة إلى أن وقع فضحها على يد باحثين في المجال النووي، مما جر إلى جدال طويل.

في خضم هذا الجدال قيل لنا أنه توجد حماية ضد الإشعاعات النووية تفوق عناصر خطة (أرسيد ـــ راد) وتقوم على ضرورة استنشاق مادة (اليوض) قبل ست ساعات من الحادث النووي. قيل أيضا أن نجاح هذه الحماية يعادل نسبة 100% :

إذن أيها الزملاء، ضعوا هذه النصيحة الغالية للخبراء أمام أبصاركم ولا تنسوا أن تستنشقوا مادة اليوض قبل ست ساعات من وقوع حادثة نووية.

22 ـــ محمد عزيز الحبابي

يظهر لي أن هناك مفارقة في طرح مشكل أو محاولة تحديد للمسؤولية القانونية بعد وقوع كارثة نووية، لأن الأوان يكون قد فات ووقع ما وقع. يحكي أنه في يوم من الأيام وضع أحدهم عصفورا في قفص، وتمكن العصفور من الفرار فقال له الشخص وهو يشهده طائرا : أنت حر في سبيل الله. إنها شفقة في غير أوانها. قدر الله تعالى أن ينفلت الطير من القفص، فمخاطبته إذن بأنه حر ليست شفقة، وإنما هي تخفيف على النفس المتألمة لفقدان شيء.

بالنسبة للكوارث النووية هناك استراتيجيتان ممكنتان : استراتيجية بعدية، وهذا ما نحن بصدد الحديث عنه : قد حصل ما حصل، فإذا واجهنا شيء مشابه، ماذا يمكن فعله ؟

ثم هناك استراتيجية قبلية أي كيف يمكن أن نتوقع الحادث ؟ وإذا توقعناه ماذا نعمل للوقاية من أن يحدث ؟. عندما يقع الحادث يكون الناس جميعهم ضحايا، سواء من يضغط على الأزرار أو من يتعرض للآثار. الواجب، إذن، هو التوقع والوقاية : كيف نستطيع ذلك ؟

لا أحد بإمكانه أن يوقف مسيرة العلم والتكنولوجيا مهما كانت قوة الشخص أو سلطته.

ولكن بإمكان مؤسسات مثل مؤسستنا ممارسة ضغط أخلاقي وذلك أضعف الإيمان. إنه ضغط يكتسي أهمية بالغة : أن نُحرِّض العقول، أن نثير لدى الأفراد الوعي الشقي، أن نُنشىء رأياً عاماً، أن نجند الناس — كما قال السيد دوبوي للدعوة من أجل تلافي ويلات الحوادث النووية قبل وقوعها، تلك مهمتنا الأخلاقية. أما بعد وقوع الحادثة النووية فالبكاء بعد الميت خسارة، وبعد نهاية العالم لن نجد ناعيات يبكين عليه.

علينا أن نجهر بالحقائق ونسلح الناس بالوعي، فأَخْوَف ماأخاف منه أن يكون الرعب الذي يعصف بالناس بداية للكارثة الحقيقية.

لنبحث كيف نحطم هذا السور المرتفع من التخوفات والمحاذير. وكيفما كان الأمر فإن القضية في نهاية المطاف قضية مراجعة الأنظمة الاقتصادية، لأن كل الحروب التي تعصف بالعالم، وكل هذه الكميات من الأسلحة المستعملة هي موجودة لحماية الاحتكارات الدولية وإيجاد أسواق إضافية.

لنحاول أن ننسق بين الأكاديميات ومؤسسة نوبل وحكام كبريات المباريات الرياضية المنتخبين بكل موضوعية، لتعمل كل هذه المؤسسات وشبيهاتها في إطار ما ينفع الناس. لقد فشلت الأمم المتحدة ومجلس الأمن في استتباب السلام في العالم، فلنبحث عن شيء آخر، ومن واجبنا البحث عن هذا «الشيء الآخر».

لا يعني هذا أبدا أني أستهين بالمؤسسات السياسية والاقتصادية.

كيف النجاة من الكوارث النووية التي لن تستثني أحدا أو دولة كبرت أو صغرت ؟ بعد الكارثة لن يكون هناك منتصر أو منهزم، وبالتالي يصعب تحديد المسؤولية سواء أكانت غفلا أو مشخصنة. إن الشخص الذي يضغط على زر مفاعل نووي يستهدف بلا شك عدوّا حقيقيا، ولكنه يستهدف ذاته أيضا. فالذي يبيّت النية لتحطيم شخص يؤدّي به الأمر في النهاية إلى تحطيم ذاته. هكذا تدخل الإنسانية في جدلية المواجهات والأزمات :

أزمة تجر إلى أخرى، إلى ما لا نهاية. مالعمل إذن ؟ سبق لي أن قلت بأن هناك أشخاصا كثيرين من ذوي النيات الحسنة، وعليهم أن يسعوا إلى تأسيس

منظمة، ولكن بين الأكاديميات أو الجامعات لتحريك الضمائر وتجنيد الهمم لانسنة العالم والمجتمعات، ولنقل لإعادة إنسانية الإنسان.

خطورة المشكل تتجلى في أن هناك هوّة كارثية بين الأخلاق التي نؤمن بها وبين التقدم العلمي والتقني، إنه مشكل لا يمكن أن يحله العلماء فقط أو رجال القانون فقط ولكن البحث الجامعي متعدد الاختصاصات.

ذكر الزميل محمد شفيق أنه من الواجب توقع الجريمة، أما أنا فلا أتحدث عن جريمة، بل أتحدث عن شر مستطير يفوق كل الجرائم. الحرب نفسها أصبحت مشوهة المفهوم والمعني والمحتوى وعلينا أن نبحث لها عن مفهوم جديد أكثر إجرائية وصدقا. الحرب «غول» يأتي على الأخضر واليابس، على القريب والبعيد، لا يعفي أحدا. إننا في الأكاديمية نحتل من الناحية الأخلاقية الموقع الأنسب لتحريك الضمائر ما دامت التقنية ــ ومعها العلم ــ قد ندّت عن الطوق. تساءل الزميل كَارودي : أي تطور يتوقعه الإنسان في هذا العالم ؟ أقول إنه تطور سيتجاوز القيم، ولا نملك معه إلا أن نصرخ ونكتب ونقلق الضمائر.

كلمة الاختتام

عز الدين العراقي
مدير الجلسات

أعتقد أيها الزملاء الأعزاء أن الوقت قد حان لنختتم هذه الدورة. لقد استمعنا طيلة يومين إلى تسعة عشر عرضا حاولت في مجملها أن تجيب على السؤال المطروح علينا حول «الوسائل التي يجب إقرارها والتدابير اللازم اتخاذها في حالة حادثة نووية». وأرى أن السيرورة التي أتبعناها في الإجابة على السؤال كانت ذات منطق سليم. ذلك أننا استمعنا في البداية إلى الأخصائيين الأكفاء الذين وضعوا المشكل في إطاره التقني. لقد عرضوا علينا بكل وضوح الكيفية التي تقع بها الحوادث داخل المحطات النووية المنشأة لأغراض سلمية، والطرق المتبعة لتوقع تلك الحوادث والوقاية منها ومواجهتها. كما حاول الأخصائيون أن يقدموا لنا مقارنات معززة بالأرقام بين الحوادث النووية والحوادث المترتبة عن باقي أنواع الطاقات.

وليس لي إلا أن أتساءل عن مدى توفقهم في إبراز المقصود من تلك المقارنات، ذلك أن الأسئلة التي طرحها الزميل السيد كارودي زرعت في أذهان المشاركين كثيرا من الشك.

يبدو لي أن كل واحد يؤول الأرقام بما يريده، ولكن عندما ننزع إلى المقارنات ننحرف عن الصواب. أود أن أعطي مثلا بقطاع لي به معرفة لا بأس بها بحكم اختصاصي الطبي في الجهاز الصدري. فالعواقب

التي تترتب عن حادثة تقع داخل منجم للفحم تجر إلى داء «الرئة الصوّاتي» الذي يحول الشخص إلى كائن مشلول بالمرة. لذا فالمقارنة بين الحوادث النووية وحوادث الطاقات الأخرى تبين أن الفروق ليست في الدرجة ولكنها نوعية لابد من إعارتها كامل العناية.

استمعنا فيما بعد إلى عروض لا تقل تقنية تناولت المظاهر العادية للتلوث النووي كالإصابة بالأشعة وعسر الهضم، وعسر الاستنشاق، والوسائل المستعملة في مواجهتها ومعالجتها والمقترحات الجديدة التي تعزّز المواجهة.

وتناولنا بالإضافة إلى هذا وذاك الجوانب القانونية في محاولة لتحديد مسؤوليات المنتجين والدول، ليصل بنا التحليل إلى حصر دقيق لمسؤوليات المنظمات الدولية ووسائل الحماية والوقاية والمساعدات التي ينبغي تبادلها بين الدول في حالة حادث نووي.

أثيرت قضايا أخرى لا تقل أهمية عمّا ذكر، فقد طرح الزميل السيد المهدي المنجرة قضية الجدوى من اختيار الطاقة النووية. وأرى أن الجواب على سؤال الجدوى يكمن في أن الاختيار الطاقوي لايمكن أن يكون نهائيا. إن الطاقة النووية نوع من أنواع الطاقة ولا بدّ أن توضع موضع التقييم في الحاضر والمستقبل للمقارنة بين إيجابياتها وسلبياتها. ولربما يأتي وقت يبدو لنا فيه أن أشكالا أخرى للإنتاج الطاقوي أفيد وأرخص، وتوحي باطمئنان أكثر على الجنس البشري وبقائه.

لقد حرصنا جميعا على الالتزام بحدود الموضوع، وعملنا على أن لا نتجاوز في إطار العروض الرسمية الاستعمال السلمي للطاقة النووية، وهذا لم يمنعنا من الإعراب عن الحرج من الاستعمال العسكري لهذه الطاقة. لأنه بمعالجتنا للآثار الناجمة عن الاستعمالات السلمية للطاقة النووية، وهي استعمالات تؤكد للعالم شفافيتها ومحدوديتها وخضوعها للمراقبة والتزامها

بالأغراض السلمية، بمعالجتنا تلك، نترك لكل واحد أن يستخلص نفس التحليلات والتحفظات في حالة الاستعمالات العسكرية، إن لم تكن التحفظات أكثر وأحدّ، لأن النية تكون مبيتة ضد خصم مّا، ولكن سرعان ما يخترق الاستعمال العسكري الحدود ويأتي على الأخضر واليابس، على العدو والصديق بفعل التلوث الإشعاعي وبذلك يتجلى الموضوع في بعده الإنساني الحقيقي.

لي اليقين بأن المشكل سيبقى مطروحا، وما أظن أننا أعطينا الإجابات النهائية والشاملة على كل التساؤلات طيلة أعمالنا. الشيء المؤكد أن الجميع اغتنى في معلوماته بفضل الحوار الذي دار بيننا وأن الأسئلة التي طرحها بعضنا على البعض الآخر ستحثنا على التأمل أكثر حول ما ينبغي عمله، وما يمكن أن نقترحه لتجنب الكوارث.

وأود قبل أن أنهي كلمتي الاختتامية هاته أن أخبر كافة الزملاء بأن السيد أمين السر الدائم سيرفع باسمنا برقيتين إلى مؤسس وراعي أكاديميتنا صاحب الجلالة الملك الحسن الثاني أدام الله عزه، إحداهما للإعراب عن آيات الولاء وعبارات الامتنان على الفرصة التي أتاحها لنا جلالته لعقد هذه الدورة لتدارس موضوع آني وخطير، له ارتباط بمصير الإنسانية في كل مكان، ألا وهو موضوع الحوادث النووية. والبرقية الثانية لتهنئة جلالته بمناسبة الحدث السعيد الذي تحتفل به الأسرة المالكة ومعها الشعب المغربي ألا وهو زفاف صاحبة السمو الملكي الأميرة للا أسماء التي نتقدم إليها بتمنياتنا بالسعادة والهناء.

collègue et ami Monsieur Mahdi Elmandjra qui a posé le problème de l'opportunité du choix de l'énergie nucléaire. Je crois qu'à cette question on peut répondre que ce choix ne peut pas être définitif. L'énergie nucléaire est une forme d'énergie qui peut être et qui doit être évaluée dans le présent et à l'avenir au même titre que toutes les autres formes d'énergie en mesurant les aspects positifs et les aspects négatifs et que peut-être le moment viendra où d'autres formes de production de l'énergie ou d'autres moyens de production de l'énergie apparaîtront plus fiables, plus économiques, et peut-être plus rassurantes pour l'humanité.

Mais au-delà de toutes ces questions, je crois que nous tous, nous avons essayé de rester dans les limites du thème tel qu'il nous a été posé et nous nous sommes astreints dans le cadre des exposés officiels à n'évoquer que l'utilisation pacifique - je dis bien pacifique - de l'énergie atomique. Mais cela ne nous a pas empêché d'être hantés par l'utilisation militaire de l'énergie nucléaire. Tous les exposés que nous avons entendu ce matin dans le cadre des discussions ont dépassé ce cadre, parce qu'ils ne se croyaient plus limités par le sujet pour parler des répercussions militaires de l'énergie nucléaire. Comment peut-il en être autrement, quand nous avons évoqué les dangers extrêmement graves qui menacent l'humanité dans un domaine pacifique qui se veut transparent, qui se veut limité, qui se veut contrôlé, qui se veut pacifique ? Mais celà ne nous a pas empêché à l'opposé de ce qui peut arriver dans le domaine militaire où c'est la destruction qui est prévue, c'est le plus grand dommage qui doit être porté à l'ennemi, dommage et destruction qui malheureusement transgresseront les frontières au même titre que le fait la pollution dans le domaine civil. Je crois que ceci est humain.

Je crois que la question reste posée, je ne crois pas que nous avons au cours de ces deux jours de travail répondu à toutes les questions, mais je crois que nous nous sommes enrichis mutuellement. Je crois que les questions que nous nous sommes posées les uns aux autres ne manqueront pas de continuer à nous faire réfléchir sur ce que nous devons faire, sur ce que nous devons proposer.

Je voudrais maintenant avant de terminer naturellement vous dire que nous allons envoyer deux messages à Sa Majesté Le Roi : l'un traditionnel de remerciement à Notre Protecteur pour l'opportunité qu'il nous a offerte une fois de plus de nous retrouver ensemble et de réfléchir ensemble sur le thème qu'il nous a proposé; et l'autre à l'occasion du mariage de Son Altesse Royale la Princesse Lala Asmaa, et je voudrais qu'en notre nom à tous, nous adressions nos félicitations et nos voeux de bonheur à Sa Majesté et à Sa Famille Royale.

Allocution de Clôture

Azzedine Laraki
Directeur des séances

Je crois mes chers Collègues, que le moment est venu de conclure. Nous venons d'entendre au cours de ces 48 heures de travail pas moins de 19 exposés pour essayer de répondre à la question qui nous a été posée à savoir «des moyens à décider et mettre en œuvre en cas d'accident nucléaire». Je crois que le processus que nous avons suivi pour répondre à ces questions a été d'une logique parfaite. Nous avons d'abord écouté un certain nombre d'experts extrêmement compétents qui nous ont situé le problème sur le plan technique. Ils nous ont, d'une manière extrêmement didactique, exposé la manière dont se produisent les accidents dans les centres nucléaires pacifiques et les moyens techniques de les prévenir. Ils ont voulu également être rassurants en nous donnant des statistiques comparatives entre les accidents provoqués par les différentes formes d'énergie. J'ai dit qu'ils ont voulu être rassurants; je me demande s'ils ont réussi à l'être... Les questions posées par notre collègue Monsieur Garaudy ce matin ont certainement introduit beaucoup de doutes dans les esprits. Je dois dire qu'on fait dire aux statistiques toujours ce qu'on veut, mais lorsqu'il faut comparer ce qui est comparable entre les accidents provoqués par le charbon et j'en connais quelque chose, je suis pneumologue, et je sais les ravages provoqués dans les mines de charbon par la silicose qui transforme un homme en une véritable loque. Eh bien, entre ces accidents et les accidents nucléaires, je crois qu'il n'y a pas simplement une différence de degré, mais une différence de nature dont il faut absolument tenir compte.

Par la suite, nous avons entendu les exposés tout aussi techniques sur les voies habituelles empruntés par la pollution nucléaire à savoir l'irradiation, l'inhalation et l'ingestion. Et nous avons entendu les moyens proposés tels que le confinement et le déplacement des personnes.

Nous avons abordé les problèmes d'ordre juridique en évoquant la responsabilité des producteurs et des Etats et en débouchant sur la responsabilité des organisations internationales et sur les moyens de protection, de prévention et d'assistance mutuelles qui doivent régir les rapports internatioaux dans les domaines de la pollution nucléaire. Un certain nombre de questions ont été néamoins évoquées, et notamment par notre



nucléaires, qui n'épargnent aucune nation ni grande, ni petite ? Il n'y aura plus de vaincus ni de vainqueurs demain, alors plus de responsables : ni responsabilité infuse, ni responsabilité personnifiée. Personne n'est sûr donc de la survie à une catastrophe. Poser son doigt sur un bouton atomique, c'est une menace pour l'adversaire bien sûr, mais c'est certainement aussi une auto-menace. Vouloir détruire, c'est se détruire; folie englobante, planétaire. Donc, l'humanité est entrée ainsi dans une dialectique des crises : une crise en engendre d'autres à l'infini. Alors que faire ? moralité, c'est à mon avis mobiliser, et il y a des gens de bonne volonté de par le monde, des intellectuels de par le monde qui doivent s'unir et appler à la création d'un organisme quelconque dans les universités, dans les académies etc... de manière à troubler les consciences, à les mobiliser pour humaniser le monde et les sociétés, disons même, pour réhumaniser les humains.

En effet, c'est le décalage catastrophique entre l'éthique à laquelle nous croyons, mais éthique dévalorisée, et la percée technique et scientifique. Alors c'est là à mon avis le hic : c'est là le vrai problème : il ne pourra pas être résolu par les seuls savants ou par les seuls juristes. Mais par tout le monde, alors mobilisation de toutes les bonnes consciences.

Notre collègue Mr.Mohamed Chafik disait qu'il faut prévenir le crime; moi je ne parlerais pas de crime, je dirais le «mal radical», c'est plus qu'un crime. Et en effet le mot «guerre» comme il vient de le signaler, c'est un concept qui a été trop galvaudé : il a perdu de sens et de contenu : il ne convient plus à la situation. Alors, il faut trouver un autre concept opérationnel et qui ne peut être que comme le «ghoul» comme nous disons, cet ogre qui mange de près et de loin, qui, quand il s'acharne, c'est pour ne pardonner à personne. Alors, à mon avis, nous sommes bien placés, nous autres, sur le plan moral dans cette Académie pour mobiliser dans ce sens, étant donné que la technique échappe maintenant aux hommes ainsi que la science. Monsieur Garaudy a demandé à quelle évolution nous avons affaire, et, par conséquent, cela échappe étonnement, mais ce que nous pouvons faire c'est crier, c'est écrire, c'est donner mauvaise conscience.

22 - Mohamed Aziz Lahbabi

Il me semble qu'il y a un paradoxe à se poser la question ou plutôt à envisager une responsabilité juridique après une catastrophe nucléaire car, à mon avis, cela sera trop tard. On raconte qu'un beau jour quelqu'un enfermait un petit oiseau dans une cage et l'oiseau a pu échapper, alors le bonhomme le voit s'envoler lui dit : «Oiseau vole, tu es libre».

Eh bien ! c'est un acte de charité : «que Dieu me contraint, tu es libre». Non, c'est trop tard. La responsabilité c'est avant, et non après. Il y a deux stratégies possibles : la stratégie à posteriori ; c'est celle que nous envisageons maintenant : s'il arrive que, lorsqu'il arrive, que peut-on faire ? Et puis, une stratégie à priori : comment prévoir ? comment prévenir pour que cela n'arrive pas ?

En effet, si cela arrive, tout le monde est victime et celui qui appuie sur le bouton atomique qui déclenche et celui qui reçoit l'effet; tout le monde est logé à la même enseigne. Donc, il faudrait prévoir, prévenir. Comment faire ? Je crois que ni la science, ni la technique ne peuvent être stoppées par quelque force qu'elle soit, mais nous avons certaine force, par exemple, dans cette compagnie-là et toutes celles qui lui sont semblables, c'est d'exercer une pression d'ordre moral «c'est le moindre degré de la foi», c'est tout ce qu'on peut faire, mais c'est déjà assez important. Troubler les consciences, donner mauvaise conscience, et puis former une opinion, mobiliser comme disait le Professeur Dupuy «les conscients» partout de manière à ce qu'on dise : «celui-ci c'est un ennemi de l'humanité parce qu'il risque de faire ceci ou celà. Ce n'est pas parce qu'il a risqué; quand il a risqué, il n'est plus là. Il n'y aura plus de pleureuses après la mort de tout le monde.

Alors, donc prêcher, donner mauvaise conscience, dénoncer. J'ai peur que la peur actuelle qui mobilise toutes les mauvaises consciences à s'armer au delà de toute limite et de toute logique, ne soit déjà un début de catastrophe. Cherchons donc à voir comment détruire cette muraille de peur et de méfiance. Le problème revient me semble-t-il à réviser les systèmes économiques, parce que toutes ces guerres, ces arsenaux de par le monde, c'est pour protéger les monopoles, pour avoir le plus de marchés possibles etc... Alors, essayez de coordonner les systèmes économiques par le monde de manière à les faire travailler en commun dans l'intérêt de tous. Comment ? C'est le rôle, à mon avis, et des Académies et des prix Nobels et des arbitres des grandes équipes mondiales de football qui sont bien choisis. Autrement on n'arrivera pas. L'ONU a échoué; le Conseil de Sécurité aussi, alors il faut trouver autre chose. Et c'est à nous de nous atteler à trouver cet «autre chose». Bien entendu, le problème est d'ordre politico-économique, et toutes les stratégies et toutes les armes de toutes sortes sont au service des monopoles comme je viens de le dire.

Comment dès lors arriver aujourd'hui à échapper aux catastrophes

Aujourd'hui déjà la recherche des sites de dépôts implique des dépenses vertigineuses et plus encore leur aménagement.

Rappelons que le devis initial de «Super Phoenix», en France, était de 4 milliards. En 1980 il coûtait déjà plus de 10 milliards. Après les «fuites» de sodium de 1987, toutes les évaluations sont largement dépassées.

Que signifie, dès lors l'évaluation du «prix de revient» du kilowatt nucléaire ?

3) Experts militaires :

Dans le plus retentissant des Colloques sur «la défense militaire de la France» (publié dans la revue «Paradoxes» du 31 ail 1980) le rapporteur (Général Gallois) rappelait qu'avec huit projectiles nucléaires relativement modestes (40 mégatonnes) «la quasi-totalité de la région parisienne serait détruite». (p.116). Il ajoutait : «Dans la meilleure des hypothèses des «préavis techniques» (temps écoulé entre le départ du missile et son arrivée de quatre à cinq minutes), il n'est pas possible de mettre une population à l'abri».

Dans sa controverse fameuse avec l'expert allemend Von Kagenek, le Colonel Champeaux donnait cet avertissement aux «stratèges» : «Nos centrales atomiques sont autant de bombes atomiques déjà mises en place sur notre territoire et il ne manque qu'un amorçage peu coûteux (bombardement classique ou sabotage) pour empoisonner l'atmosphère». (Le Monde du 16 août 1979).

Un pays de deuxième grandeur, possédant un réseau de centrales atomiques, est-il militairement défendable ?

4) Experts politiques :

Les «précautions» à prendre en cas d'accident dans une centrale nucléaire étaient définies, en France, par le plan ORSEC-Rad, dès le 3 août 1969. Reconnaissant que les risques nucléaires encourus par les populations sont sans commune mesure avec ceux auxquels les autorités ont eu à faire face, et pouvant menacer «une zone comportant plusieurs départements», les mesures de sécurité étaient si dérisoires que ce rapport a été caché aux français pendant vingt ans, et, lorsque des chercheurs nucléaires l'ont dénoncé et partiellement publié, l'on cessa même de l'évoquer.

Nous avons appris hier qu'il existait une protection efficace (non prévue par le «plan ORSEC-Rad») contre les radiations atomiques : l'absorption d'iode. Mais il nous a été dit que l'efficacité était de 100% si l'iode était absorbée six heures avant l'irradiation.

Mes chers Collègues, retenez ce précieux conseil d'expert : n'oubliez pas d'absorber l'iode six heures avant l'accident.

accepter un contôle international en matière d'énergie atomique.

- 2/Constitution d'organismes internationaux compétents en matière d'environnement et d'écologie dont le rôle consistera à examiner les problèmes issus des retombées radioactives.

- 3/Développement de la coopération internationale et régionale pour la recherche des moyens à mettre en œuvre pour assurer la fiabilité des réacteurs atomiques.

21 - Roger Garaudy

Quatre questions sur l'évaluation des risques et des coûts de l'énergie nucléaire par les «experts».

1) Experts techniques.

Lorsque le réseau des centrales atomiques a commencé à se déployer, les dangers ont été systématiquement sous-estimés pour déculpabiliser les ingénieurs. En 1972 l'Atomic Energy Commission (AEC) des Etats-Unis a largement diffusé, parmi les spécialistes, le rapport Rasmussen (fondé, de l'aveu des auteurs, sur les données fournies par les sociétés privées construisant les réacteurs). Le rapport affirmait que la probabilité de risque était de l'ordre de 1 accident tous les vingt mille ans !

En 1979, un communiqué de la «Nuclear Regulatory Energy» déclare que le rapport Rasmussen n'est pas «digne de confiance».

Mais, dans le même esprit, l'on nous présente aujourd'hui des statistiques tendant à prouver que les accidents atomiques seraient moins dangereux que ceux des industries produisant l'énergie par d'autres voies. Cette étrange comptabilité, ne prenant en compte que les morts immédiates, est en contradiction flagrante avec la réalité : le Professeur Jean Bernard nous a montré hier, à partir de l'expérience d'Hiroshima, que les vagues de cancer ne se développaient que cinq ans après. (Chernobyl ne date que d'un an).

Lors de l'alerte de Three Miles Island, à Harrisbourg, le Gouverneur de l'Etat envisageait l'évacuation de 950.000 personnes. Après Chernobyl, 130.000 personnes ont été évacuées. Quelle industrie exige, en cas d'accident, de telles mesures de sécurité ?

2) Experts économiques :

En 1980, le Directeur Général de l'Eléctricité de France (et la plupart des «experts») affirmait que le kilowatt nucléaire était le meilleur marché.

Je posai alors la question : le stockage et la surveillance des déchets atomiques durera des centaines d'années; comment, dans le calcul du «prix de revient», peut-on chiffrer le coût de ces opérations dans 500 ans ?

Il convient de rappeler à ce sujet qu'après l'expérimentation par les Américains, de leur première bombe à hydrogène, en 1954, dans l'Archipel de Bikini, la navigation maritime et aérienne fut interrompue à plusieurs milliers de lieues à la ronde, dans l'Océan Pacifique. Les habitants des Iles Marshal ainsi que de nombreux pêcheurs japonais qui opéraient dans ces zones, eurent à souffrir des effets de la radioactivité. En 1966, une collision au-dessus de l'Espagne, entre un bombardier américain atomique et un avion-citerne, tous deux tombés d'ailleurs en mer non loin des rives de l'île de Majorque, entraîna la destruction des récoltes, la pollution de la mer et l'extermination de grandes quantités de poissons.

Les dangers résultant de l'utilisation de l'énergie nucléaire à des fins pacifiques n'ont été mis en évidence qu'à la lumière de l'accident de Chernobyl, le 26 avril 1986.

Les menaces de la radioactivité ne proviennent pas seulement de l'existence de réacteurs nucléaires ou d'erreurs humaines mais aussi de la pollution de la nature par les déchets de l'industrie nucléaire.

La radioactivité est plus dangereuse que les pluies sulfuriques, les gaz toxiques ou la chute brutale sur les toits des maisons, de fragments d'engins blindés.

Après l'accident de Chernobyl, il est légitime maintenant qu'aucun pays ne se trouve à l'abri de retombées radioactives qui sèment à brève ou longue échance, la désolation ou la misère, engendrent des malformations génitales chez le foetus et expliquent certains cancers.

Les observateurs et les experts ont constaté, à la suite de l'accident de Chernobyl une augmentation des taux de la radioactivité dans plusieurs pays d'Europe occidentale et chez certains autres voisins de l'U.R.S.S.. De nombreuses quantités de produits agro-alimentaires contaminés, dûrent être détruites.

Des mesures de cette nature ne touchent pas le fond du problème et ne peuvent être suffisantes pour empêcher à l'avenir d'autres fuites radioactives.

La situation que nous vivons actuellement illustre bien la fragilité des frontières politiques et régionales et milite pour un concept de frontières nucléaires.

Naguère les frontières politiques classiques faisaient l'objet de traités internationaux destinés à les préserver contre toute violation éventuelle. Devant le danger nucléaire, les frontières politiques deviennent illusoires, les pays amis ou neutres ne sont pas épargnés. Aussi est-il devenu indispensable et nécessaire de renforcer les mesures de prévention contre la radioactivité dans le cadre d'une coopération internationale qui doit être axée sur les trois principes suivants :

- 1/Elaboration de lois et de conventions qui engagent les pays signataires à

19 - Bernardin Gantin

Sa Majesté Le Roi du Maroc, Fondateur et Protecteur de Notre Académie, a fait preuve de sagesse en choisissant ce thème que le Pape Jean-Paul II a, lui aussi, fait étudier par l'Académie des Sciences Pontificales.

Trois déclarations ont nées de cette étude :

— 1981 sur les conséquences de l'emploi des armes nucléaires.
— 1982 prévention de la guerre nucléaire.
— 1984 hiver nucléaire.

Elles mettent en relief certaines difficultés comme :

a) mise hors de service de nombreuses implantations utiles à la vie et à la santé de l'homme.

b) interruption des approvisionnements en éléments nécessaires à la vie, comme l'eau.

c) désagrégation des relations sociales.

d'où : 1°/ Responsabilité des Etats
Préparation des **populations :** amener l'homme à se familiariser avec les dangers de l'énergie atomique.

2°/ Rôle des associations (jeunesses et adultes qui sont le milieu naturel d'enseignement sur la vie).

3°/ Rôle des organisations bénévoles :

Elles ont une mission **psychologique et logistique.** Elles sont capillaires, spontanées, rapides, efficaces, répondant à une exigence collective de **solidarité humaine.**

20 - Abdelhadi Tazi

Je remercie les intervenants pour les importantes communications qu'ils nous ont présentées et je souligne la caducité qui vient de sanctionner la définition classique de la notion de frontières politiques entre Etats, en cas d'accidents nucléaires.

Il est démontré maintenant, d'une façon on ne peut plus, évidente, que les retombées radioactives en temps de paix comme en temps de guerre, ne menacent pas seulement le pays qui se livre aux activités nucléaires, mais mettent également en danger la sécurité des habitants d'autres pays et s'étendent au-delà des frontières.

Les observations enregistrées à la suite des expériences nucléaires entreprises depuis le milieu des années cinquante, confirment que de nombreux pays étaient contaminés par des retombées radioactives fort préjudiciables aux intérêts vitaux de l'humanité et qui ont soulevé des vagues de colère chez les peuples et envenimé par moments, les relations internationales.

que par un «preux chevalier» prêt à fondre sur l'ennemi à la vitesse d'un missile ou d'un avion volant à mach 3.

C'est de l'inconscience de la part de l'Humanité tout entière. Mais, -et c'est là le but de mon intervention- je crois qu'il ne faut pas trop demander à l'homme bien nourri, bien vêtu, bien soigné, comblé de tous les bienfaits terrestres, donc porté à s'ennuyer, et surtout grisé par sa puissance matérielle précisément. De ce point de vue, il est utile -car, à quelque chose malheur est bon- qu'il y ait une humanité «sous-développée». Vous me direz : «Et pourquoi donc ?». Parce que, de mauvaise conscience de la planète, qu'elle est actuellement, elle pourrait devenir sa conscience tout court. Elle en a le droit du point de vue de la démocratie, puisqu'elle est la Majorité. Mais il faudrait qu'elle en ait la volonté. Le spectacle qu'elle offre actuellement n'est pas très rassurant. On la voit courir, haletante, derrière l'autre humanité, pour ramasser ses surplus de tous genres et se donner ainsi l'impression qu'elle lui est tout à fait semblable. C'est dans une toute autre direction qu'elle devrait s'engager et marcher paisiblement. Elle devrait trouver parmi ses fils des hommes, de grands hommes -il en existe heureusement- qui, en mahatmas universels, s'emploieraient à pacifier la terre, les cœurs et les esprits. Ils expliqueraient aux hommes et aux peuples que le mot guerre est devenu tout à fait impropre à exprimer ce que peut être un affrontement nucléaire, et que la guerre elle-même, en son sens classique, est devenue inopérante quand il s'agit de régler des différends.

Bien sûr, les réglementations à caractère juridique sont utiles et nécessaires, mais on connaît les limites de leur efficience, du moment qu'il n'existe pas de force internationale destinée à en assurer l'application.

C'est donc une morale, une éthique, inédites qu'il est urgent de promouvoir. Cette éthique mettrait en œuvre des notions nouvelles. J'en donne une qui m'est inspirée par l'histoire contemporaine. Il s'est produit, à l'occasion de la deuxième guerre mondiale ce qu'on a dû appeler «un crime contre l'humanité». Il serait intéressant de savoir comment devrait être appelé le crime qui aurait eu comme effet la suppression totale de l'humanité, ou de toute vie. Ce crime-là, s'il se produisait, n'aurait pas de Nuremberg pour le juger. Il faut le prévenir. Dans ce but la notion de «tentative de crime contre l'Humanité», si elle était inculquée de façon méthodique aux générations montantes, porterait probablement quelques fruits. Serait considérée comme étant une «tentative de crime contre l'humanité», en tout premier lieu, l'injustice, sous toutes ses formes, notamment quand elle a pour victime des peuples entiers.

Les rodomontades des «grands chefs» disposant d'arsenaux nucléaires seraient classées aussi «tentatives de crime contre l'humanité» et condamnées moralement par les enfants des écoles, les mamans, les prêtres de toutes les religions confondues... Par ailleurs, le savant qui participe à développer davantage l'appareil de suicide collectif que sont les Bombes, devrait perdre toute considération aux yeux de ses pairs et des hommes de bien.

à ce que peuvent affirmer les techniciens les plus qualifiés et les mieux intentionnés. Les explications des généticiens ne se situent pas au niveau de ce qui a été appelé l'hiver nucléaire, ni à celui de la nuit atomique, des radiations, de la pollution de l'atmosphère, des eaux, etc... mais bien en deçà, mais au-dessus. Leurs explications se situent au niveau du maillon humain intégré au système de la vie dans son évolution générale, une évolution dont il est le produit fini, mais qu'il risque bien de stopper net en faisant tout culbuter. J'ai noté, à l'intention de cette honorable assemblée quelques passages formulés très clairement par l'un de ces généticiens, souvent pris pour des Cassandre par des gens qui n'ont ni le temps ni la patience de les lire. Vous me permettez donc de vous demander un petit supplément d'attention pour écouter ce généticien parlant de l'autostructuration des systèmes. Je le cite : «L'autostructuration, la possibilité de développer une aventure autonome, nous dit-il, ne sont pas l'apanage des êtres vivants. Des systèmes que nous construisons nous-mêmes et que nous qualifions d'inanimés peuvent y parvenir; s'ils dépassent un certain niveau de complexité; et cela est particulièrement vrai lorsque parmi leurs éléments constitutifs se trouvent des êtres vivants, ou même des hommes». Plus précis, ce savant illustre son propos en ajoutant ceci : «L'exemple le plus frappant d'un tel système (c'est-à-dire d'un système autostructuré) est l'énorme machine de destruction actuellement en cours de développement... dont les hommes sont les serviteurs chaque jour plus dociles, chaque jour plus consentants, chaque jour plus efficaces. Tout se passe comme si cette machine, considérée globalement, était douée d'une **dynamique propre** lui permettant de se développer **en utilisant l'énergie et l'intelligence des hommes qui la servent... en dehors de leur volonté**»(1). On ne peut mieux décrire la situation créée par le développement de l'arme atomique, souvent regretté, mais en général accepté par le physicien et servi par lui; efficacement assuré par le technicien, qui ne semble pas se poser trop de questions - efficacité oblige ! -; voulu par l'homme politique, et ardemment désiré par le militaire, l'ensemble de ces hommes étant coincés, en quelque sorte, en une position qui ne leur laisse pas la moindre liberté d'appréciation entre la quête fiévreuse de la matière fissible et l'observation avide du champignon, et **surtout empêtrés dans des considérations, des sentiments et des pulsions hérités d'un passé très lointain.**

Nous continuons, en effet, à raisonner en termes de bravoure et de lâcheté, de prouesses et de couardise, d'audace et de pusillanimité, comme si nous étions encore à l'époque des combats singuliers, à l'époque de l'épée ou de la lance, voire, à l'époque de la massue. N'avons-nous pas vu tel homme d'état désavoué par l'opinion publique de son pays et renvoyé dans ses foyers, pour s'être conduit en «pleutre». Il ne pouvait être remplacé, dans ces conditions,

---

(1) Albert Jacquard, dans «L'Héritage de la Liberté, de l'animalité à l'humanité» Edition du Seuil, Paris, 1986.

17 - Azzedine Laraki

Je remercie notre collègue Mr.René Jean Dupuy qui nous a rappelé les bases juridiques relatives à la protection contre la pollution atomique, en nous précisant qu'il s'agit de bases actuellement établies. Il nous a rappelé également la jurisprudence en la matière relative aux dommages causés à l'environnement par la pollution transfrontalière, et l'évolution très logique qui a conduit tout récemment à deux conventions internationales extrêmement importantes : l'une relative à la notification des accidents nucléaires et l'autre relative à l'assistance que les Etats se doivent de se porter les uns aux autres.

Mes chers collègues, avec l'exposé de Mr.René-Jean Dupuy, nous avons fini les questions des exposés inscrits à l'ordre du jour, nous disposons avant le déjeuner exactement de 53 mns, parce que nous sommes attendus à 2 H 55 à l'Académie Française. Je vais donc dans cette limite de temps, donner la parole à notre collègue Mohamed Chafik.

18 - Mohamed Chafik

Je voudrais faire partager l'opinion personnelle que je me suis faite en écoutant les brillants exposés et interventions qui se sont succédés depuis hier dans le cadre de cette session de notre compagnie.

Il semble bien que l'énergie atomique à usage pacifique soit, tout compte fait, domesticable et déjà en partie domestiquée. Il serait légitime par conséquent que tout pays et toute région aspire à s'en assurer l'utilisation dans les conditions les plus avantageuses pour son économie, sa souveraineté et aussi, nous ne devons pas l'oublier, pour sa promotion scientifique.

En revanche, les avis contradictoires qui ont été émis sur le volet militaire des techniques nucléaires, ne semblent pas inviter à l'optimisme. Un orateur a bien essayé de nous rassurer sur l'évolution positive des systèmes de sécurité mis en place, en ce qui concerne la fiabilité des instruments et des méthodes. Mais, je crois que, dans la chaîne des mesures adoptées, on s'est trop peu préoccupé du chaînon principal, à savoir l'homme, à un niveau souvent négligé.

De ce point de vue, il semble bien qu'il soit nécessaire de recueillir le maximum possible d'avis dans les différentes disciplines du savoir scientifique, et du savoir humain en général.

Un premier examen de ces avis, pris dans leur globalité, dans une perspective pluridisciplinaire, laisse apparaître des craintes d'un ordre tout à fait nouveau bien que sous-jacentes au pessimisme affiché par des moralistes et des écologistes depuis déjà longtemps. Ces craintes sont exprimées par les généticiens, d'abord, lesquels nous expliquent comment nous nous sommes engagés, à notre insu évidemment, dans l'engrenage infernal d'un grand système à caractère universel dont le fonctionnement peut à tout moment nous broyer, parce que nous n'en sommes pas tout à fait les maîtres, contrairement

Pour les programmes d'océanographie également à travers la Commission Océanographique Intergouvernementale pour ce qui concerne l'UNESCO. Mais, je crois que la même chose est valable aussi avec l'Organisation Météorologique Mondiale. Je ne dis pas pour mépriser la météorologie en tant que telle, mais pour mieux comprendre les effets en ce qui concerne la circulation de l'atmosphère de tel ou tel accident qui pourrait intervenir dans telle ou telle partie du monde.

J'ajouterai aussi que la même coopération devrait certainement se faire aussi avec la F.A.O., l'Organisation pour l'Alimentation et l'Agriculture, en ce qui concerne les effets sur l'alimentation et sur l'agriculture. Mais comme l'ont dit certains de nos collègues tout-à-l'heure, je crois que c'est Mahdi Elmandjra, si je m'en souviens bien, qui l'a dit : il y a un problème éthique, un problème moral, c'est qu'on ait constaté après l'accident de Chernobyl qu'ils y ait eu des stocks alimentaires qui étaient irradiés et que ces stocks alimentaires aient été envoyés délibérément dans certains pays pour empoisonner ces pays; je ne dis pas que les gouvernements étaient au courant, je crois d'ailleurs qu'aucun gouvernement n'a été au courant, ce sont les personnes qui ont voulu profiter de la situation, peut-être pour s'enrichir indûment, mais cela pose également un problème moral, un problème éthique d'une gravité exceptionnelle. Je ne pense pas qu'on puisse empoisonner son prochain délibérément en s'enrichissant. Cela aussi est un problème important, et je crois que ce problème rejoint celui de l'éthique, malheureusement le fait est que nous sommes dans un monde, il faut le reconnaître, qui traverse certainement une crise des valeurs, une crise éthique ce qui fait, en définitive, que n'importe qui peut faire n'importe quoi sur le dos des autres.

Je crois donc que cette discussion aura révélé la nécessité de considérer l'humanité comme une et la nécessité de chercher des solutions à un certain nombre de problèmes qui intéressent la totalité de l'humanité. J'ajouterai aussi qu'évidemment cette discussion a mis en évidence la nécessité aussi pour toutes les parties du monde de pouvoir bénéficier de tous les apports de la science et de la technique en vue d'améliorer leurs conditions d'existence.

Je ne cesse de dire pour ma part que la science est universelle par essence, mais cette universalité de la science suppose également qu'elle puisse être maîtrisée universellement par tous et utilisée universellement par tous. Peut-être que le jour où cela arrivera, à condition évidemment que la science soit maîtrisée avec conscience, le monde changera un tout petit peu. En tout cas de même nous allons aborder maintenant les aspects juridiques et internationaux. Je pense qu'en les abordant, nous pourrons tracer les axes de recherche ou d'action qui permettent de voir le problème en fonction de la réalité du monde entier, et en fonction justement de cette notion d'universalité qui s'impose de plus en plus.

16 - Amadou Mahtar M'Bow

Je voudrais d'abord remercier Mr. Azzedine Laraki pour l'exposé introductif du thème qu'il a fait ce matin, et qui a ainsi lancé le débat, et remercier également tous nos confrères et tous les experts qui ont fait des exposés durant les deux séances de cette journée, ainsi que tous nos collègues qui sont intervenus.

Je crois que les discussions qui ont eu lieu depuis ce matin ont montré l'importance que représente le nucléaire, mais aussi le fait que des accidents sont toujours possibles. Je crois que cela a été illustré par les exposés qui ont été faits sur les accidents qui sont déjà intervenus, et en particulier, l'accident de Chernobyl. Mais, les exposés ont montré aussi que, compte tenu des défaillances qui ont été constatées, il y a certains pays en tout cas qui tentent de s'efforcer de concevoir les centrales nucléaires de telle sorte qu'on puisse minimiser les accidents qui peuvent survenir. J'ajouterai aussi qu'il a été démontré que l'accident de Chernobyl a été dû en grande partie à des déficiences humaines, et cela pose le problème des capacités que doivent avoir ceux qui sont appelés, non seulement à concevoir les centrales nucléaires, mais aussi à assurer le fonctionnement de ces centrales nucléaires. Je crois que cela a été démontré ce matin et cet après-midi aussi.

Il y a aussi d'autres aspects de la question : c'est que les exposés ont permis aussi de voir quelles sont les mesures ponctuelles que l'on pourrait prendre pour maîtriser les accidents quand ils surviennent et comment faire donc pour empêcher ces accidents d'avoir des conséquences très grandes sur le plan humain, que ce soit en ce qui concerne les aspects médicaux, que ce soit en ce qui concerne les aspects alimentaires ou même des aspects à long terme. Je crois que tout cela a été mis en évidence.

Bien sûr, on a démontré aussi, que nous sommes dans un monde qui est un; la planète est une, et les conditions de la circulation atmosphérique sont telles qu'on ne peut pas contrôler les radiations quand elles surviennent dans quelque partie du monde que ce soit. Bien sûr, ces radiations peuvent avoir des effets plus graves dans certaines parties du monde que dans d'autres, compte tenu d'abord des lieux où surviennent les accidents, mais aussi de la direction des vents.

Tout cela, je crois, a été mis en évidence, et je crois que tout le monde convient qu'en dehors des mesures ponctuelles que l'on prend au niveau d'un pays ou au niveau d'une région, il faudra sans doute examiner la question au niveau international. Des suggestions ont été faites sur des actions que pourraient mener certaines Organisations Internationales, j'ajouterai d'ailleurs qu'au fond, l'Organisation qui a la responsabilité la plus grande c'est l'Agence Internationale de l'Energie Atomique, et je pense qu'elle coopère déjà avec d'autres institutions du système des Nations-Unies, mais cette coopération pourrait être renforcée dans des domaines comme, par exemple, l'eau à travers le programme hydrologique international.

15 - F.Niehaus

J'interviens pour commenter ce qui a été dit à propos de l'énergie nucléaire obtenue par fusion, d'une part, et des autres sources d'énergie d'autre part.

En ce qui concerne le premier point, je me range du côté de Mr. Gonzalès et exprime mon fervent espoir pour que la première station de production et de commercialisation de cette énergie soit réalisée au milieu du siècle prochain. Cependant, je crois qu'en dépit de ce pronostic optimiste, nous devons comprendre que la fusion nucléaire exige une technologie plus compliquée que celle de la fission. De plus, il convient de savoir aussi que les unités de production de l'énergie nucléaire par fusion sont gigantesques et ne produisent pas moins de 3000 méga-watts et je ne vois pas comment cette production importante pourra être intégrée dans les plans de développement de nombre de pays du tiers-monde. L'énergie nucléaire obtenue par fusion donne naissance à de nombreuses matières radioactives, tel le tritium, et les flammes dues à la combustion sont également radioactives.

En ce qui concerne le deuxième point, je crois que vous êtes du même avis que moi pour dire que nous devons à l'avenir, recourir à toutes les sources d'énergie existantes. Le seul substitut de l'énergie nucléaire n'est pas le pétrole ou le gaz naturel comme certains pourraient le penser, mais le charbon, puisque cela fût constaté ces dernières années au Canada et aux Etats-Unis. En effet, on a trouvé dans ces deux pays que le prix de revient de la production de l'énergie à partir de la houille, dans des centrales proches des mines, est moins élevé et demande moins de temps que la construction d'une centrale nucléaire.

Ce problème trouvera sa solution quand on décidera de monter de petites centrales réunissant toutes les conditions requises pour la sécurité des personnes et des biens, dotées d'équipement d'automatismes d'un haut niveau et destinées à la production de l'énergie nucléaire.

La réalisation de ces réacteurs permettra de résoudre les problèmes inhérents aux relations entre l'homme et la machine, car la fermeté dont on aura fait preuve dans la recherche de critères de sécurité d'une part et la simplification des techniques exigées pour le fonctionnement de ces centrales d'autre part, sont deux facteurs qui peuvent militer en faveur de la fabrication d'un grand nombre de ces unités et faciliter par la suite la procédure pour obtenir l'autorisation de les acquérir.

Enfin, permettez-moi de joindre ma voix à celle de Mr. Gonzalès pour deux observations : la première est que, compte tenu de l'objet de notre réunion, nous devons distinguer entre l'utilisation de l'énergie nucléaire à des fins pacifiques et son utilisation à des fins militaires. La seconde est que nous devons œuvrer pour parvenir par consensus, à définir une méthode pour évaluer les dangers inhérents à tout développement technologique, aussi bien dans l'industrie chimique que dans l'activité nucléaire ou tout autre domaine

Voilà, j'ai répondu imparfaitement car nous sommes en partie ignorants de ce qui s'est passé. Mais voilà tout de même quelques éléments qui permettent de prolonger le débat plus tard et les études surtout.

14 - Jean Claude Nenot

Je vais d'abord répondre à la question de Mr. Le Secrétaire Perpétuel sur l'éducation des médecins. Je crois que c'est une question extrêmement pertinente, car elle présente deux grands volets : le premier c'est leur intervention en cas d'accident. Bien que le rôle ne soit que minime, parce qu'on a vu ce matin que l'action médicale ne concerne guère que le tri : savoir qui a pris des grosses doses, qui n'en a pas pris, et ensuite c'est vraiment une affaire de haute spécialité. Mais cela servirait à dédramatiser et à expliquer. La preuve a été faite en Europe et dans le monde entier, que personne ne comprenait, que même les autorités compétentes n'étaient pas crues car il manquait le relais, et je crois que le corps médical est certainement le meilleur relais, car il est crédible, il est proche de la population et il doit être capable d'assimiler les notions essentielles pour transmettre un message véridique.

Le deuxième volet c'est rendre ces médecins compétents, donc il y a l'aspect d'éducation. Je ne peux pas parler au nom des autorités françaises, je n'en fais pas partie, mais je sais qu'actuellement une grande réflexion est menée à ce sujet et qu'on s'achemine vers cette voie là. C'est une bonne retombée de Chernobyl, si vous me permettez cette mauvaise plaisanterie.

Je ne vais pas traiter l'aspect de l'alimentation parce que cela nous entraînerait trop loin. Mais si vous me permettez je vais dire deux mots, parce que j'ai l'impression que Chernobyl a été une catastrophe sur le plan alimentaire pour le monde entier. Et ceci je le dis très crûment, ce n'est pas vrai. Cela a été une catastrophe pour l'URSS, une catastrophe économique pour certains pays d'Europe où il y a eu des précipitations orageuses dans des endroits extrêmement limités, mais pour les autres pays d'Europe occidentale ou orientale, (ce sont ceux qui ont été les plus touchés), les niveaux n'ont jamais été extrêmement élevés (on a cité les rennes, c'est vraiment très limité) et n'ont jamais rendu l'alimentation, en général, impropre à la consommation. Je crois qu'il faut séparer deux problèmes : le problème des éléments à vie courte comme l'iode 131 avec ses 8 jours de période pour lequel il existe des tas de moyens, il suffit de mettre le lait sous une autre forme, de le transformer en lait en poudre et d'attendre le temps qu'il faut, il devient propre à la consommation puisqu'il n'y a plus d'iode radioactif. Et le problème du cesium qui, lui, est un vrai problème, mais heureusement les concentrations du cesium étaient à des niveaux suffisamment faibles et suffisamment mélangés pour rendre le niveau beaucoup plus bas que celui que l'on constate dans certains aliments qui dépassent parfois les limites réglementaires, donc le niveau moyen en Europe -je fais exception de l'Union Soviétique- n'a jamais présenté de danger pour les populations.

exemple, se trouvent dans l'impossibilité de s'en débarrasser autrement qu'en l'envoyant quelque part. Vous le jetez dans les rivières, il reste dans les rivières. Vous le mettez sous terre, comme vous l'a dit Mr.Ambroggi, il reste trois cents ans. Vous l'envoyez dans l'espace, ce n'est pas possible. Ce que vous dites là n'est pas nouveau, l'Académie Africaine des Sciences a trente trois membres, n'importe lequel d'entre eux pourra vous le répéter.

13 - Robert Ambroggi

Premièrement dans le prolongement de l'intervention de Mr. Le Premier Ministre et confrère, on pourrait suggérer, pour les mesures à prendre, que l'U.N.E.S.C.O, dans le cadre de son programme : «hydrologie internationale» conçoive un séminaire qui traite de tout ce qui s'est passé depuis un an dans le domaine de l'eau, qu'elle soit au sol, dans l'atmosphère ou dans le sous-sol, en réunissant tous les pays qui ont été affectés par les dommages de Chernobyl.

Deuxièmement, pour répondre au Secrétaire Perpétuel de notre Académie, l'action indirecte des plantes est très importante, puisqu'on sait que les plantes sont arrosées à 100% en ce qui concerne le pâturage uniquement par la pluie. Dans le cas de la radioactivité vous avez compris ce qui s'était passé : il y a dans le domaine des irrigations uniquement 13% qui échappe à l'eau du ciel, 87% des cultures de ce monde dépendent uniquement de l'eau de pluie et quand cette pluie est radioactive, vous imaginez toutes les conséquences. L'exemple de Chernobyl est là; c'était de l'irrigation en sec, c'est-à-dire de la culture en sec, et tous les champs de blé en Ukraine, à raison de 500 mille hectares, sont entièrement contaminés, les 10 millions de tonnes de céréales ont dû être détruits. Je vous le soumets, simplement ceci, dans le domaine des précautions à prendre, on a dit : «lavez les salades; lavez les végétaux; lavez tout cela». Les expériences qui ont été faites en laboratoire en Suisse ont démontré que malgré les lavages prolongés, rien ne changeait car les atomes étaient à l'intérieur des légumes, donc, je crois qu'on a beaucoup à apprendre, je crois qu'on a beaucoup à rechercher encore. Et nous avons là une expérience, dont il faudrait profiter au maximum.

Au point de vue des animaux, les herbivores se nourrissent au pâturage comme vous le savez qui dépend à 100% de l'eau de pluie, et quand l'événement s'est produit, c'était au printemps, le pâturage était à herbe très courte, donc l'animal devait brouter une superficie beaucoup plus grande, et de ce fait, il augmentait de beaucoup la teneur radioactive dans son corps, c'est-à-dire dans le lait etc... L'exemple des rennes qui ne broutent que des licènes est tel que la concentration a été multipliée par 10, pour le mouton elle a été multipliée au moins par 5. Donc voilà tous les problèmes d'ingestion, ils sont graves. Et pour l'instant, il n'y a guère de liaison entre les agriculteurs qui ont subi ces dommages ou les agronomes qui doivent faire des études et les problèmes médicaux dus à l'ingestion.

corps médical qu'il soit médical ou para-médical ? et est-ce qu'on a envisagé d'introduire dans le curriculum des études médicales un enseignement comme on l'a fait récemment pour les disciplines relativement récentes telles que la procréation artificielle par exemple, ou la planification familiale ou autres ?

12 - Mahdi Elmandjra

Je crois que Mr. Gonzales m'a très mal compris. J'ai peut-être une tendance, surtout quand je parle en anglais, à parler vite, à rendre la vie impossible aux interprètes, et je ne sais pas dans quelle langue il m'a écouté, mais je n'ai pas voulu du tout dire qu'il fallait décourager les pays du tiers-monde de faire de la recherche nucléaire. J'essayais de prouver totalement le contraire, comme Mr.Laraki l'a exposé à la fin. Il ne faut pas donner l'illusion aux pays du tiers-monde que quand on leur envoie un réacteur et qu'il arrive au port, qu'ils sont devenus une puissance à énergie nucléaire. La science et la technologie ne s'achètent pas. Elles ne se transfèrent pas. Et il est impossible, même dans le domaine de la recherche, d'arriver à un domaine de contrôle et de maîtrise d'une manière endogène de son capital scientifique, si on ne touche pas au militaire. C'est impossible. C'est tout ce que je voulais dire.

Maintenant, cette crainte de dire que les pays du Nord ne vont pas nous donner des réacteurs si on leur dit : «Attention ! c'est mêlé avec le militaire.» Non seulement ils le savent, mais ils savent aussi que le tiers-monde est le meilleur marché pour certains pays. A commencer par la France; regardez la balance commerciale française; regardez les dossiers quand il y a une mission d'un Président de la République Français ou d'un premier ministre. Quel est le premier dossier qu'on traite après celui de la vente des armes ? c'est celui des réacteurs.

Si la une question est : les achète-t-on comme des joujoux pour les installer dans le pays et dire : «nous produisons de l'énergie nucléaire» et à quel prix alors qu'on ne maîtrise pas toute la science, toute la technologie qui est derrière ce réacteur, en tant que chercheur qui fait de la prospective, cela ne m'inquiète pas, car je sais que dans moins de treize ans la majorité de la matière grise de cette planète sera d'origine du tiers-monde numérique et qualitative, et qu'elle prendra entre ses mains le pouvoir.

A titre indicatif je vous informe que j'étais, le mois de juin dernier, à Nairobi quand on a créé l'Académie Africaine des Sciences; c'était la réunion constitutive, l'Académie est présidée par le Professeur Odhiambo, qui est bien connu par ses recherches en Afrique. Et je vous assure, qu'à l'unanimité, et après Chernobyl, nous nous sommes demandés s'il n'était pas de notre droit comme membres de cette nouvelle Académie des Sciences Africaines, d'écrire à tous les gouvernements africains, et de leur dire : «prenez vos précautions; commencez à prendre les dispositions dans les ports; dans les aéroports; inspectez votre alimentation, parce que les pays exportateurs de lait par

A ce sujet, je pense qu'il serait utile que chacun prenne connaissance des actes de la session de l'Académie du Vatican publiés dans la revue de ladite Académie, il y a deux ou trois ans et qui rapportent les débats consacrés aux problèmes d'éthique liés aux utilisations de l'énergie nucléaire, sans qu'aucun orateur ne se fût élevé contre les avantages de cette énergie.

S'agissant de la fusion nucléaire dont a parlé le duxième intervenant, je serais très heureux de voir les experts en la matière arriver à trouver une technique qui facilite cette fusion dont l'humanité tirera un grand avantage. Je rappelle que depuis la construction du créacteur atomique réalisé à Fermite en 1945, les progrès de la technologie n'ont pas été plus loin que la conception d'une centrale nucléaire destinée à la fission de l'atome. Il me semble qu'il faudra encore attendre cinquante ans, sinon plus, pour que les spécialistes réussissent à concevoir et à réaliser des réacteurs destinés à la fusion nucléaire, capable de répondre aux besoins de l'humanité, en énergie.

Ces éclaircissements techniques ne doivent cependant pas faire croire que les centrales de fusion nucléaire auxquelles aspire l'humanité, ne constitueront pas une source de pollution radioactive. Au contraire, ils produiront une quantité incommensurable de tritium qui dépassera largement ce qu'en produisent aujourd'hui les réacteurs à fission. Les centrales à fusion connaîtront de graves problèmes en raison de la radioactivité non ionique, comme la radioactivité électromagnétique produite par le thorium qui sera indispensable au fonctionnement des réacteurs à fusion.

10 - Amadou Mahtar M'Bow

Je remercie Mr.Gonzales; je donne la parole à Mr.Berbich qui voudrait parler très brièvement.

11 - Abdellatif Berbich

Je voudrais justement poser une question à notre collègue Mr.Ambroggi qui nous a fait, d'une manière absolument magistrale, un exposé sur le rôle de l'eau dans l'accident nucléaire et sur les mesures à prendre ; or, qui dit eau, dit vie et dit vie végétale et animale, et je pense que malheureusement on est passé un petit peu rapidement, sur ce sujet. On a évoqué le problème très grave que pose l'alimentation tout au moins des rescapés de tels accidents nucléaires. Je pose la question donc à Mr.Ambroggi, mais éventuellement peut-être aussi aux autres experts qui pourraient nous donner leurs points de vue : quelles sont les mesures qui pourraient être ou qui ont pu être prises à l'échelle nationale ou internationale dans ce domaine-là ?

Une autre petite question très brève, je la pose à Mr.Jean-Claude Nenot en sa qualité de médecin : c'est au sujet des moyens à décider et à mettre en œuvre dans les pays qui ont des réacteurs nucléaires susceptibles d'avoir un jour, qu'à Dieu ne plaise, un accident : est-ce qu'il a été envisagé d'éduquer le

9 - Abel-Julio Gonzales

Je pense que le Directeur des séances, en nous rappelant le thème de cette session, n'a fait que replacer les débats dans le cadre qui leur était initialement tracé et nous avons tous remarqué que certains intervenants s'écartaient du sujet pour parler de choses marginales.

Cependant, les idées avancées dans certaines communications ont suscité mon intérêt et je ne peux m'empêcher de dire ce que j'en pense.

Le premier intervenant a prétendu que l'utilisation de l'énergie atomique à des fins pacifiques peut conduire le pays qui en dispose à se lancer dans la production des armes nucléaires.

Cette présomption me paraît dangereuse car les pays industrialisés, seuls responsables de la prolifération des réacteurs atomiques, peuvent être tentés de s'en servir comme argument afin d'empêcher les pays en développement d'accéder à la technologie qui constitue une condition sine qua non à l'évolution de la civilisation actuelle.

Je suggère aux honorables membres de l'Académie du Royaume du Maroc, de méditer cette question. Puisque le lien qui existe entre l'utilisation de l'énergie nucléaire à des fins militaires et son utilisation à des fins pacifiques ne diffère guère du lien qui existe entre les industries chimiques, faut-il que nous fermions nos usines alors que la chimie est devenue une activité vitale pour l'économie de nos pays ?

Force est pour moi d'affirmer qu'une centrale nucléaire installée pour servir à des fins pacifiques, ne peut en aucune manière être reconvertie en unité de production d'armes nucléaires. Les savants et les experts le savent d'ailleurs puisque les pays industrialisés qui ont les moyens de produire des armes nucléaires doivent recourir à des équipements appropriés qui font défaut aux réacteurs atomiques ordinaires non militaires. Je vais plus loin encore en soulignant que les usines chimiques sont en mesure de produire des armes chimiques à des fins militaires. Alors, faisons preuve de circonspection, soyons plus sérieux et ne confondons pas les deux utilisations de l'énergie nucléaire et ne condamnons pas nos pays du tiers-monde à ne pas se doter de réacteurs atomiques indispensables à leur développement.

Il a été fait état, dans la première et dans la troisième communication, de problèmes d'éthique qui affectent les relations internationales en raison de la pollution nucléaire. Je pense que l'on doit également dénoncer les activités industrielles qui déversent leurs déchets polluants dans les mers, dans les fleuves et chargent l'atmosphère de leurs gaz toxiques. La violation des frontières n'est pas seulement le fait des matières radioactives, mais elle est aussi imputable aux résidus industriels chargés d'oxides de soufre. Il convient donc de parler de problèmes d'éthique non seulement à propos des polluants radioactifs, mais aussi à propos des polluants dus aux énergies classiques et autres facteurs.

Nous sommes donc appelés à réfléchir sur un état de fait qui existe. La question qui nous est posée c'est d'essayer de dégager des moyens d'ordre technique, juridique, économique à opposer aux accidents qui arrivent et qui risquent d'arriver encore à l'avenir, du fait même que des centrales nucléaires à usage pacifique existent. La question n'est pas de juger de l'opportunité de l'utilisation de ces centrales nucléaires ou de ne pas les utiliser, mais, du fait qu'elles existent, quel doit être notre comportement en cas d'accident provoqué par ces centrales ?

Ceci dit, il est évident que la raison même de l'existence de ces moyens d'énergie nucléaire telle qu'elle a été avancée par les experts, c'est en prévision de la disparition probable et très prochaine des autres sources d'énergie... Mais il est évident aussi que les perspectives de la recherche scientifique dégagent actuellement une économie extrêmement importante sur l'utilisation de l'énergie à partir des sources classiques notamment par l'utilisation des supra-conducteurs.

La question qui sera posée à l'avenir c'est : est-ce-que les gains en énergie qui vont être apportés par l'utilisation de ces nouveaux matériaux ne vont pas amener l'énergie classique à un coût inférieur à celui actuellement produit par l'énergie nucléaire ?

Les économies qui vont être faites sur l'utilisation des sources d'énergie classique ne vont-elles ne va pas rendre caduc le raisonnement du départ à savoir que les sources d'énergie classique vont disparaître nous obligeant utiliser des sources nucléaires ?

Mais cela c'est encore du domaine de la recherche, et je crois, pour être positif que dans ce sens-là rien ne nous empêche, nous pays classés dans la catégorie des pays du tiers monde, d'orienter notre recherche scientifique et nos savants qui existent et qui travaillent actuellement dans l'énergie nucléaire au profit des pays beaucoup plus développés que nous et de mobiliser toutes nos ressources scientifiques et techniques pour dégager et travailler dans le sens de la production de ces supra-conducteurs qui vont permettre de faire des économies considérables dans la consommation de l'énergie.

Je crois que la hantise de l'aspect militaire nucléaire n'a quitté personne parmi nous durant toute cette journée, nous y avons été forcément amenés, parce que nous avons vu le danger représenté par les sources nucléaires à usage pacifique malgré toutes les précautions prises et toute la transparence qui entoure apparemment ces sources d'énergie nucléaire à usage civil. Mais qu'en serait-il d'un accident dû à une source d'énergie nucléaire à usage militaire ? Là, je crois que la comparaison n'est pas imaginable par nous autres profanes, mais je crois que les sources civiles représentent une proportion lilliputienne de ce que représente le danger nucléaire à usage militaire. Cela est un tout autre problème qui nous dépasse de très loin.

on ne peut plus, exhaustive. L'Académie du Royaume du Maroc nous a habitués à examiner les problèmes de fond et à exprimer notre opinion à leur égard.

L'accident de Chernobyl évoque en moi deux thèmes principaux : l'un concerne l'homme et ses rapports avec la machine, l'autre concerne la coopération internationale dans le domaine de l'énergie atomique.

Sur le premier point, je dirai que l'homme qui a inventé des machines plus ou moins compliquées, se trouve aux prises avec les machines dont les manipulations comportent des dangers et pour lui et pour l'humanité. Il est donc souhaitable de trouver les moyens à mettre en œuvre pour que ces machines ne nuisent plus aux intérêts vitaux de l'humanité. Cela ne peut être que le fruit d'une coopération internationale.

Le deuxième thème auquel je pense concerne justement les aspects de cette coopération, et notamment dans le domaine nucléaire. Certes, quelques aspects de ce domaine sont-ils considérés secrets d'Etat et constituent une barrière à la coopération internationale. Cependant une lueur d'espoir permet d'envisager l'avenir avec moins de pessimisme lorsqu'on constate que des experts américains se sont rendus à Chernobyl pour examiner avec leurs homologues soviétiques, les moyens à mettre en place pour garantir la sécurité de l'homme.

Cela nous amène à traiter, même brièvement, des pays du tiers-monde, qui sans être en mesure de participer par leurs propres ressources au développement de l'énergie atomique, se trouvent touchés par les fâcheuses conséquences des retombées radioactives.

En effet, durant les treize derniers mois, certains pays du tiers-monde ont reçu dans le cadre de l'aide alimentaire internationale, des produits contaminés par la radioactivité. Il a fallu cependant une solidarité agissante des dockers pour empêcher le déchargement de ces produits dans les pays bénéficiaires.

7 - Amadou Mahtar M'Bow

Je remercie notre confrère Dajani; je crois que nous devons maintenant être un peu plus brefs. Il y a Mr. Tazi qui doit intervenir, ensuite j'ai le Premier Ministre Mr.Laraki et Mr.Gonzales. Et sans doute peut-être également ceux qui ont fait des exposés souhaiteraient dire quelque chose pour répondre aux questions qui ont été posées - du moins ceux qui sont présents ici.

8 - Azzedine Laraki

Je voudrais très simplement rappeler le titre du thème qui nous réunit; il s'agit des moyens à décider et à mettre en œuvre en cas d'accident nucléaire.

l'impact que de très faibles effets de destruction latérale. C'est-à-dire en définitive que l'arme nucléaire serait réduite à des armes tactiques très limitées en puissance. Aussi limitées seraient-elles, elles me paraîtraient, d'ailleurs de trop, car je reste profondément attaché à des relations pacifiques entre Etats, et je n'envisage pas la guerre comme un moyen de résoudre les problèmes internationaux. Mais la question que je me pose est une question d'ordre purement technique qui, je le répète, m'est venue à l'esprit en entendant l'excellent exposé de notre ami Robert Ambroggi.

5 - Amadou Mahtar M'Bow

Je remercie Mr. Dupuy; malheureusement Lord Chalfont n'est pas ici; je pense qu'il pourra répondre de même. A votre question on pourrait ajouter une autre : même en excluant l'éventualité de l'utilisation de l'armement nucléaire dans une guerre, en limitant la guerre aux armements conventionnels, qu'arriverait-il si les armes conventionnelles sont utilisées pour la destruction des centrales nucléaires elles-mêmes parce qu'en cas de guerre on essaie d'affaiblir l'adversaire en s'attaquant aux nœuds vitaux et parmi les nœuds vitaux, je pense, il y a l'énergie, il ya a les sources d'énergie ?

6 - Ahmed Sidki Dajani

Nous avons entendu des exposés fort instructifs. En prenant la parole, je traiterai le problème du point de vue historique seulement.

Il n'est pas inutile de rappeler que la conscience humaine se remémore avec tristesse deux événements d'une grande gravité. Le premier de ces évènements ébranla le monde en Août 1985, lorsque des avions américains lâchèrent des bombes atomiques sur des villes japonaises très peuplées.

Depuis cette date, l'humanité entière appréhende avec angoisse et inquiétude, une éventuelle conflagration mondiale où chacune des grandes puissances n'hésiterait pas à utiliser son arsenal nucléaire, contribuant ainsi à la destruction totale de la vie.

Le deuxième de ces évènements est la catastrophe de Chernobyl qui a soulevé une vague de crainte chez toutes les populations du monde.

Je suis citoyen d'un pays arabe importateur de denrées alimentaires. J'ai pu observer sur place, les réactions de chacun de mes concitoyens, suite à cette catastrophe, et les dimensions qu'elle a prises dans les préoccupations de la population. Ceci prouve que le problème n'est plus celui des Russes ou des Européens seuls, mais celui de tous les peuples puisque chacun évoque à sa manière les dangers que représentent pour la vie, les retombées radioactives.

Les conditions dans lesquelles nous vivons actuellement rendent hautement souhaitable l'arrêt de la recherche en énergie nucléaire à des fins non pacifiques. L'intervention magistrale de notre collègue Mehdi Elmandjra est,

provoquerait une explosion dans le pays peut être même auquel appartient la bombe. Cela pose bien sûr des problèmes de forces; ce qui veut dire donc que les éléments civils et les éléments militaires peuvent être parfois impliqués; c'est un aspect qu'il faudra certainement creuser un jour.

4 - René-Jean Dupuy

Je voudrais simplement poser deux questions : la première s'adresse aux savants nucléaires qui sont ici et notamment à notre éminent confrère Mr. Abdus-Salam : nous savons que la fusion nucléaire doit apporter aux hommes des facilités que la fission ne leur accorde pas; la fusion nucléaire ne devrait faire courir pratiquement aucun risque; elle devrait fournir une énergie gratuite; elle devrait également faciliter la transformation de l'eau de mer en eau douce dans des conditions économiques extrêmement avantageuses. Bref ! on nous présente la fusion nucléaire comme l'annonce d'un paradis auquel nous n'osons pas vraiment croire tant il est beau. Et alors, j'aurais voulu poser une question très banale : quand les savants, qui sont ici, estiment-ils que l'on peut envisager que la fusion succédera à la fission nucléaire ? Telle est ma première question.

La seconde question m'est venue à l'esprit en entendant notre confrère Mr.Ambroggi qui, avec sa clarté habituelle, nous a exposé les effets de l'accident de Chernobyl sur les eaux. Et à cette occasion il a évoqué le caprice des vents. Et il m'est venu à l'esprit une observation qui est également une question que je poserais plus volontiers à Lord Chalfont qui, comme chacun sait, est un éminent expert militaire et stratégique; je ne fais pas allusion aux missiles nucléaires intercontinentaux qui représentent l'image d'un échange de désespoir et de désespérance finale et apocalyptique; je vise les missiles qui nous sont présentés comme des armes de portée intermédiaire et de puissance moyenne, des armes de théâtre; or dans l'hypothèse, à Dieu ne plaise, qu'elle se réalise, où une guerre nucléaire se réaliserait ainsi sur le terrain, et où l'on verrait de multiples missiles de puissance moyenne tomber sur un vaste champ de bataille, il est bien vraisemblable que, compte tenu d'une part, du caprice des vents, tel que Mr.Ambroggi nous l'a parfaitement montré, caprice des vents qui d'ailleurs a un moment donne on nous l'a montré aussi prend fin, et ceux-ci reprennent leur direction normale, compte tenu également qu'au moins dans certaines régions du monde, le fait que la terre tourne d'est en ouest, peut avoir des conséquences fâcheuses pour l'expéditeur de tels engins, on peut se demander si vraiment ces armes sont rationnellement utilisables, et si, en réalité, on serait dans une situation où personne ne songerait à les utiliser; car une fois ces armes lancées en grande quantité on retrouverait l'apprenti sorcier. Alors et c'est sur ce point tout spécial que je voudrais recevoir des éclaircissements, spécialement de Lord Chalfont. Il semble donc que l'armement nucléaire ne puisse être utilisé qu'avec des missiles à courte portée et comportant des charges très faibles, elles-mêmes ne causant, à

même au niveau de la notion de l'expression «les dangers inhérents à l'évolution technologique», notion que nous devons réexaminer. A ce propos, je signale en particulier l'importante étude entreprise par Lagadie et publiée par la revue **Futuribles** et dans laquelle il démontre que plus la technologie fait des progrès, plus il devient difficile de la maîtriser car le fossé qui sépare l'univers de la science et le monde de l'ignorance, devient au fil des jours, de plus en plus grand et de plus en plus profond.

3 - Amadou Mahtar M'Bow

Je crois justement que ce que nous sommes en train de faire ici c'est de réfléchir aux problèmes. Il est certain que le nucléaire pose des problèmes, mais il est certain également que nous sommes dans des sociétés où la recherche scientifique ne peut pas ne pas prendre en considération l'importance que représente le nucléaire, notamment l'alimentation en énergie des différentes populations.

Maintenant, faut-il abandonner le nucléaire définitivement, ou faut-il, au contraire, s'orienter vers des voies qui permettent de maîtriser le nucléaire le mieux possible en tenant compte, bien entendu, des différentes objections présentées par notre confrère Mahdi Elmandjra; je pense que c'est là le cœur du débat. Je crois qu'il y a peut-être une question que nous devrions voir avec beaucoup de lucidité : il y a une tendance, à chaque fois qu'une technologie apparaît, et que cette technologie donne une puissance, à considérer que cette puissance doit être l'exclusivité dans certaines parties du monde. Cela me paraît également renforcer les inégalités qui existent dans le monde.

Je pense que la science étant, par essence, universelle, il ne faudrait pas que la science soit le privilège exclusif d'une partie du monde au détriment des autres parties. Et donc, je crois, que c'est un défi qui est posé à tous les peuples du monde, en particulier, aux peuples qui ne maîtrisent pas encore le nucléaire de savoir comment cette maîtrise pourrait être faite, bien sûr, de façon pacifique afin de permettre à l'humanité de bénéficier bien entendu des ressources que présente le nucléaire mais en évitant tous les dangers qu'il peut présenter. Peut-être on peut dire que ce serait une utopie et qu'en définitive, les dangers ne pourraient pas être surmontés. Je ne cesse de dire pour ma part que ni la science ni la technique ne sont mauvaises en elles-mêmes, tout dépend de ce que les hommes en font. Ils peuvent utiliser la science et la technique évidemment en les orientant de telle manière que cela puisse servir le progrès, mais ils peuvent orienter la science et la technique également de telle manière qu'elles soient déployées et qu'elles soient utilisées à des fins qui se retournent contre l'homme et contre l'humanité dans son ensemble. Je retiendrai quand même un fait, que Mr. Mahdi Elmandjra a posé, c'est que dans les accidents nucléaires, il ne faut pas écarter l'idée qu'un accident nucléaire peut-être produit par un élément de caractère militaire. Par exemple, une bombe peut tomber par accident au cours d'un entraînement, et cela

pays du tiers-monde avec leur énergie nucléaire s'ils ne la destinent pas à des besoins militaires et s'ils ne disposent pas d'organismes pour la recherche scientifique ? Chacun de nous est au fait du secret de la rupture des relations entre la Chine Populaire et l'U.R.S.S en 1959. Evitons donc de persévérer dans des discussions byzantines parce que le thème de notre session suppose qu'il y aura d'autes accidents et catastrophes nucléaires et que nous sommes sollicités pour définir les mesures à prendre pour y faire face.

Je termine mon intervention sur ce point en réaffirmant ma position de principe, axée sur la nécessité d'aborder les problèmes avec une perspective lointaine parce qu'il n'est pas possible de traiter sérieusement en six mois ou même en deux ans, des questions aussi importantes que la catastrophe de Chernobyl. Je veux dire par là que les autorités qui prennent des décisions politiques -et pas seulement les hommes de science- doivent examiner les choses dans une perspective à long terme avant d'émettre des jugements ou des avis.

Il existe une nouvelle problèmatique des sciences et de la technologie. Des expériences nouvelles ont lieu, de nouvelles lois sont adoptées et nous sommes en présence de dangers qui menacent le monde et la sécurité de l'homme. Lorsque le problème ne touchait que le menuisier manipulant un marteau et des clous, un accident de travail ne menaçait que les doigts du menuisier. Le problème prend une autre dimension lorsqu'il s'agit de l'explosion d'un sous-marin nucléaire par exemple.

Ces changements ne sont pas seulement quantitatifs, mais sont également spécifiques et concernent les concepts et la terminologie dont nous faisons quotidiennement usage. Le problème est donc de nature double : c'est un problème d'éthique et un problème de critères.

Aujourd'hui, nous vivons dans une situation qui se distingue par la négation de la loi et un excès de libéralisme. Quelle est donc l'utilité d'une Agence Internationale quand on peut s'en passer au sein d'un organisme particulier ? Ceux qui sont au fait de l'analyse des systèmes considèrent que cette absence de législation engendre obligatoirement l'anarchie dans le système international. Je veux pour preuve à cela, le congrès consacré au concours à apporter à la coopération internationale (dont la préparation n'a pas duré moins de dix ans) pour l'utilisation de l'énergie atomique à des fins pacifiques, et qui s'est tenu récemment à Genève. Ce congrès a duré trois semaines et je me permets de vous lire un passage du rapport final qui a été approuvé à l'unanimité par tous les participants : «les congressistes ont déployé tous les efforts pour parvenir à un accord sur les principes acceptés par l'ensemble de la Communauté Internationale en vue de l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire». Malheureusement, le Congrès n'a pu obtenir le consentement des gouvernements pour appuyer ces principes. Il n'est plus possible de maîtriser le système international et personne n'accorde aujourd'ui de crédit aux conventions multilatérales. Cette anarchie se constate

que prend l'énergie atomique. Que peut-on faire par exemple si une catastrophe semblable à celle de Chernobyl se reproduit quelque part dans le monde ? Vous n'ignorez pas que les avis sont partagés au sujet des expériences nucléaires à des fins militaires et à des fins pacifiques. Dans certains, pays, comme l'U.R.S.S. par exemple, les stratèges de l'énergie atomique, militaire et civile, se concertent et coopèrent. Mais que peut-on dire des pays qui possèdent l'énergie nucléaire et qui ne l'utilisent pas à des fins militaires, bien que ces pays n'existent que théoriquement ?

Le Canada qui utilise l'énergie nucléaire à des fins pacifiques, est en mesure, s'il le veut, de produire la bombe atomique en 48 heures.

En effet, il ressort des statistiques rendues publiques lors de la 35ème réunion du Mouvement paragouache, que le nombre de pays qui sont dotés aujourd'hui de l'énergie nucléaire est de 6. Mais ils deviendront 14 au cours de l'année 1988, auxquels s'jouteront 16 en 1990 et 21 aux environs de l'an 2000. Cela veut dire que dans une période de 13 ans, 57 pays, dont 23 appartiennent au tiers-monde, seront en mesure de faire exploser une bombe atomique.

On pourrait conclure de cette progression, qu'en l'an 2020, l'énergie atomique sera à 75% produite par les pays du tiers-monde qui compteront 80% des spécialistes du monde, dans le domaine de l'énergie atomique.

Pour ces considérations, nous ne devons pas oublier l'aspect militaire de la question. Je déclare mon opposition catégorique au développement de l'énergie atomique, non seulement parce que je suis écologiste, mais surtout parce que j'estime que l'homme n'a pas encore atteint le degré de maturité qui lui permet d'apprécier à leur juste valeur les découvertes et inventions scientifiques et de procéder sciemment à leur utilisation.

A mon avis, l'homme contemporain ressemble à un enfant à qui on donne un jouet qu'il ne sait pas manipuler. Cependant, mon opposition à l'énergie nucléaire ne m'empêche nullement de poursuivre le débat sur ses aspects positifs et négatifs, du point de vue économique.

2/Le Directeur des séances, connu par son optimisme que j'aprécie, a annoncé ce matin que la question a été examinée et que la seule solution aux problèmes énergétiques de l'avenir, demeure le recours obligé à l'énergie nucléaire.

Je réfute ce jugement parce que nous assistons actuellement à des innovations importantes, telles les supra-conductives qui réduiront les pertes en matières d'énergie, et l'énergie intégrée qui est presque à notre portée, sans parler d'autres ressources énergétiques possibles.

Certes, nous sommes aujourd'hui les hôtes de la France, pays qui a donné un bon élan à l'énergie nucléaire, mais la moyenne de la production de l'énergie nucléaire dans les pays industrialisés ne dépasse pas 21% (alors qu'elle était de 64% en France, l'année dernière). Que peuvent dont faire les

Interventions de Messieurs les Académiciens et les Experts Invités au cours des débats

1 - Amadou Mahtar M'Bow

C'est nous qui vous remercions Mr.NENOT pour l'exposé très clair que vous venez de nous faire. Je pense qu'après vous avoir écouté on a une vue assez claire, en tout cas, des mesures qui peuvent être prises selon l'intensité des accidents et selon les cas. Et je pense également que nous devons vous remercier pour ce que vous avez dit en ce qui concerne l'alimentation, parce que chacun se souviendra qu'à la suite de l'accident de Chernobyl certains aliments ont été exportés vers d'autres pays alors que ceux qui les exportaient savaient pertinemment que ces aliments étaient irradiés et que donc ils seraient nocifs aux populations auxquelles ils étaient livrés. Nous avons quatre de nos confrères qui veulent intervenir. Nous allons commencer la discussion par notre confrère Mr.Mahdi Elmandjra.

2 - Mahdi Elmandjra

Les interventions qui ont marqué aujourd'hui nos travaux sont fort instructives, aussi est-il juste de reconnaître que les communications qui nous été faites par des experts sur les aspects techniques de l'accident de Chernobyl, constituent en elles-même un apport indéniable de cette session. C'est pourquoi j'estime qu'il est vivement souhaitable que notre Académie continue à porter de plus en plus d'intérêt à l'évolution de tous les domaines de la science et à organiser en conséquence, des débats sur des thèmes scientifiques.

1/Chers Collègues, aujourd'hui, aucun intervenant n'a prononcé le terme «militariste» et il est regrettable que Lord Chalfont soit absent à cette séance. Personne n'ignore que le développement de l'énergie atomique est étroitement lié à la stratégie militaire. Vous êtes certainement au fait du «Mouvement paragouache» qui prit naissance en 1947 dans un petit village canadien, lorsque Einstein et Bertrand Russel eurent conjointement déclaré que «les savants doivent porter de l'intérêt à la politique parce que la science commence à constituer un danger certain pour l'humanité».

J'évoque cette déclaration exhaustive faite par deux éminents esprits pour souligner que nous ne devons à aucun moment négliger la dimension militaire

Débats

la responsabilidad jurídica sea completa es preciso que el «error» provoque perjuicios materiales y morales a los individuos.

Los perjuicios provocados no necesitan pruebas para demostrar las consecuencias y efectos de los accidentes nucleares. El derecho a vivir es reconocido y los accidentes nucleares amenazan derechos reconocidos que subrayan la institución de un clima de paz y de seguridad.

Los accidentes nucleares contaminan el medio ambiente y destruyen el equilibrio natural alterando las tierras de cultivo, las selvas y los mares.

° ° °

ordinary normal life, he does not have the right to make the least miscalculation when this might lead to a nuclear disaster.

° ° °

Reflexiones en torno a los fundamentos de la responsabilidad jurídica en los accidentes nucleares

El fundamento de la responsabilidad jurídica en el dominio de los accidentes nucleares es el «error». El error se basa en la alteración de una obligación legal que implica la necesidad de una vigilancia total y completa en el funcionamiento de las instalaciones nucleares. La legalidad de la utilización está relacionada con el deber de protección de los intereses del ser humano. La humanidad no puede permitir la alteración del sistema social universal por parte de países o instituciones que emprenden trabajos científicos sin tomar las medidas adecuadas para asegurar la paz y la tranquilidad del ser humano. Los países poseedores de la energía asumen la entera responsabilidad en lo que se refiere al buen funcionamiento de sus centrales. Cualquier daño ocasionado ha de ser examinado en el cuadro de la responsabilidad jurídica que implica que cada país debe garantizar un clima de confianza para que la humanidad no se sienta amenazada.

El «error» que justifica el reconocimiento de la responsabilidad en los accidentes nucleares se basa en los argumentos siguientes :

1°) La violación del derecho del hombre a la vida. Este derecho está reconocido por las religiones celestes y las leyes. La ley -principio de la justicia- rechaza cualquier violación de los derechos humanos a la vida.

2°) La violación de la obligación legal que requiere la necesidad de garantizar la seguridad y la paz por medio de medidas rigurosas para que no se cometa el error.

Tenemos que distinguir, en este caso, entre el concepto del «error» -debido a los comportamientos humanos - en los asuntos civiles y penales, y el concepto del «error» en las responsabilidades de los accidentes nucleares.

El error humano aparece cuando el individuo realiza actividades sin poseer la capacidad y la habilidad debidas o bien no contempla el control necesario de los productos peligrosos. En cuanto al segundo concepto, es cuando el error resulta de un fallo científico, consecuencia de una negligencia en la prevención de los peligros que amenazan cualquier labor científica. Para que

a) Le droit de l'homme à la vie est inaliénable, tel il a été conçu par les religions monothéistes et tel il a été proclamé par le droit positif.

b) L'Etat ne doit point être négligent à l'égard de ses citoyens.

Certes, l'homme n'est pas à l'abri de l'erreur dans sa vie courante, il peut se tromper en appréciant un texte ou en prononçant un jugement, mais il n'a nullement le droit de commettre une erreur de calcul ou d'estimation scientifique, comme ces erreurs qui se traduisent par des catastrophes nucléaires. Il porte l'entière responsabilité des dégâts matériels causés aux populations par la radioactivité et les dangers qui menacent leur existence.

° ◊ °

Legal responsibility in case of a nuclear accident

Numerous laws have been elaborated in order to determine the legal responsibility in case of a nuclear accident. These laws were made necessary because of the intervention of the factor «error» in the nuclear accident.

The legal definition of «error» assumes that it results from non-respect or negligence of established norms on the part of the persons who manipulate the instruments of radioactive production.

Nuclear research should not be undertaken in a country without the formal engagement of the central authorities to take the necessary dispositions to ensure the security and safety of the populations and their possessions.

The world community should not admit a scientific activity in the nuclear field in the absence of guarantees for the safety and security of man.

The State that permits the production of nuclear energy is legally responsible for any failure that might result in radioactive spills.

Considering the possibility of error and the dangers attached to the manipulation of radioactive material, the legislators have elaborated a series of laws, which take into consideration two principles :

a) the inalienable right of man to life as conceived in the monotheistic religions and proclaimed by positive law; and

b) the responsibility of the State for the safety and security of its citizens.

Of course, error is human; but if man may make an error of judgement in

debida a la fabricacion de los insecticidas, a las basuras, a los productos derivados de la transformacion del petróleo, a las fábricas metalúrgicas y a las fábricas de explosivos y de abonos artificiales. Por úlimo, el ser humano provoca la contaminacion física : el ruido, la radioactividad y la irradiación térmica.

Todos estos aspectos ensucian el aire y el agua; destruyen las tierras de cultivo, la fauna y la flora; atentan contra la salud humana y alteran el medio ambiente amenazando de desaparición cualquier tipo de vida.

Sin embargo el problema más grave que preocupa hoy la humanidad es la contaminación nuclear. La humanidad está angustiada por el progreso tecnológico basado en las centrales nucleares que representan un gran peligro que infunde mucho miedo por los riesgos de la radioactividad.

* * *

Mohamed Farouk Nabhane

La responsabilité juridique en matière d'accidents nucléaires

De nombreuses lois ont été élaborées afin de déterminer les responsabilités juridiques en cas d'accidents nucléaires. Ces lois eurent pour origine «l'erreur» dans le domaine nucléaire. L'erreur juridiquement définie, résulte de la négligence ou du non respect des normes établies et met directement en cause la responsabilité des personnes qui manipulent les instruments et les produits radioactifs.

La recherche nucléaire dans un pays ne peut être entreprise sans que les autorités ne s'engagent préalablement à prendre toutes les mesures nécessaires à la sécurité des personnes et de leurs biens.

L'humanité ne saurait admettre une activité scientifique dans le domaine nucléaire qui ne soit entourée de précaution pour la sauvegarde des intérêts de l'homme.

L'Etat qui produit de l'énergie nucléaire est juridiquement et matériellement responsable de toute défaillance qui pourrait se traduire par des retombées radioactives.

Se penchant sur les possibilités d'erreurs et de dangers dûs à la manipulation de produits radioactifs, les législateurs ont élaboré et fait adopter des lois en tenant compte de deux principes :

Pollution is physical, but it has a moral aspect as well. In the first case, it spoils water, the soil, the sea, the air and vegetation. In the second case, it deals a hard blow to man's intellectual and spiritual life.

Pollution is natural and biological and, in this case, it is not the result of man's activity, but that of bacteria and viruses which are responsible for various illnesses and epidemics. It could also be the result of toxicity due to volcanic eruptions, solar explosions, or electric charges liberated by clouds.

Pollution can also result from harmful waste of chemical and other industries, from the various usages of chemical products, from cars and engines' exhaust, from thermal activities or radioactive spills.

Today, it is radioactivity which constitutes the most serious threat to human life.

° ° °

La contaminación y sus efectos

Las ventajas del progreso tecnológico son numerosas : ahorrar tiempo, conseguir una importante productividad, explotar la energía, conseguir la precisión en la fabricación y favorecer el bienestar. Sin embargo, tiene inconvenientes cuando contamina el medio ambiente asolando y destruyendo todos los aspectos de la vida.

La contaminación es, por una parte, un fenómeno material ya que los componentes de las materias sufren ataques de cuerpos extraños que los alteran; así se produce la contaminación de las aguas, del aire y de las tierras de cultivo; por otra parte se trata de un fenómeno moral con consecuencias sobre el alma y el pensamiento, produciendo así suciedad y daño. En las dos situaciones resulta una degradación de las condiciones de vida y de los recursos vitales. Por consiguiente, la contaminación ejerce su influencia sobre el ser humano, la fauna, la flora, la atmósfera, el agua y la tierra.

La contaminacíon es natural y biológica cuando es producida por las bacterias, los gases, las emanaciones arrojadas por los volcanes, las explosiones solares, el óxido de nitrógeno producido por la electricidad de las nubes, los parásitos, los insectos y todo lo que atenta contra la salud del hombre (enfermedades y epidemias) o destruye los cultivos.

La contaminacíon puede ser también obra del hombre por sus comportamientos ligeros e irresponsables determinados por su vanidad y temeridad. Este fenómeno se manifiesta en la contaminación industrial : gases, emanaciones, desechos, polvos despedidos por las fábricas, los tubos de escape, etc... El hombre es responsable también de la contaminacíon química

Mohamed Habib Belkhoja

La pollution et ses conséquences

Si nul ne peut contester que le progrès technique favorise la production, réalise le bien-être et permet d'économiser le temps, il faut noter que ce progrès est à l'origine d'une pollution gravement préjudiciable aux ressources naturelles.

Cette pollution est constatée à la fois sous un aspect naturel et sous un aspect moral. Dans le premier cas, elle altère les eaux de la terre et de la mer, elle souille les cultures et l'air. Dans le second cas elle porte atteinte aux domaines spirituel et intellectuel.

Elle peut être d'origine naturelle et biologique et dans ce cas, elle n'est pas imputable à l'activité humaine. Il s'agit plutôt de l'action des bactéries et des microbes responsables de maladies et d'épidémies qui sèment la désolation et la mort; il s'agit aussi d'émanations toxiques dues aux activités volcaniques, aux explosions solaires et aux charges électriques libérées par les nuages.

La pollution provient aussi des déchets nocifs résultant d'activités industrielles chimiques, de gaz émis par les moteurs des machines et des véhicules, du traitement des hydrocarbures, des détergents chimiques, des désherbants et des défoliants. Elle peut également être de nature physique, tels les bruits, les activités thermiques et les radiations nucléaires.

Mais aujourd'hui, la radioactivité et les graves dangers qu'elle représente pour la vie, préoccupent l'humanité entière.

° ° °

Pollution and its consequences

If nobody can dispute the fact that technological progress favours production, comfort and the economy of time, nobody can deny either that the same progress is at the origin of a pollution that puts earth's natural resources in jeopardy.

Abstracts

nécessaires à ceux qui apportent leur assistance et assure leur protection.

Si cette haute main de l'Etat sur les activités menées chez lui pour mettre fin ou réduire les conséquence de l'accident est naturelle dans l'état actuel du droit international, en revanche, on peut regretter que le concours de l'AIEA soit subordonné à la demande d'un Etat pour aider celui-ci à élaborer des plans d'urgence, des programmes de formation du personnel d'assistance. Un système collectif plus vaste aurait pu être organisé et édifié sur une intervention plus directe de l'Agence.

Par ailleurs plusieurs organisations non gouvernementales à vocation humanitaire souhaiteraient pouvoir être associées plus étroitement aux diverses formes de secours apportés aux diverses personnes. Certaines revendiquent un droit à l'assistance humanitaire qui serait reconnu aux victimes et aux sauveteurs. Cette assistance sans frontière serait exercée sous le contrôle des Etats intéressés et conduite sans discrimination et sur un plan strictement humanitaire.

L'état de division du monde rend plus malaisé la réalisation de ces propositions. Elles traduisent une angoisse devant les perspectives des désastres écologiques. Diverses et considérables sont les catastrophes naturelles. Les Nations Unies ont créé, en 1970, un Bureau spécialisé pour aider les pays victimes. Mais les dommages à l'environnement peuvent menacer des populations innombrables. En causant des dommages majeurs à la biosphère, l'homme peut tuer l'humanité.

Jusqu'à une époque récente, les Etats industriels ne se préoccupaient de la pollution que dans leurs rapports de voisinage. Ajourd'hui l'alerte est planétaire. L'environnement est un englobant pour la communauté des Nations. C'est pourquoi, elle a, en 1972, à Stockholm, énoncé des principes, adressés tout ensemble aux Etats, aux peuples et aux individus. Nous retrouvons cette double appartenance de l'homme tout à la fois situé dans sa ville ou son village et ressortissant d'une Cité terrestre aux contours balayés par des vents dont seule leur alerte commune peut sauvegarder la pureté.

compétentes pour recevoir les notifications et fournir des informations,

- l'Agence peut être saisie par un Etat qui ne mène pas lui-même d'activités nucléaires mais qui a une frontière commune avec un Etat qui a un programme nucléaire. Elle procède alors à des études sur les conditions de sécurité offertes par celui-ci et sur la mise en œuvre d'un système de surveillance de la radioactivité. Elle a été complétée par un instrument non moins important.

b) La Convention AIEA sur l'assistance en cas d'accident nucléaire ou de situation d'urgence radiologique est entrée en vigueur le 26 février 1987.

Ici encore le principe premier est celui de la coopération des Etats entre eux et avec l'Agence, pour faciliter une assistance rapide de nature à protéger les vies, les biens et l'environnement.

Tout en envisageant la conclusion d'accords bilatéraux ou multilatéraux, la Convention prévoit que tout Etat concerné par un accident ou une situation d'urgence, que l'origine de cet évènement se situe sur son propre territoire ou sur celui d'un autre Etat, peut demander assistance à tout autre signataire ou à une organisation internationale, directement ou par l'entremise de l'Agence.

La demande d'assistance doit être assortie d'informations qui peuvent être nécessaires à qui la fournira. La Convention établit un système préalable à tout accident afin de rendre plus rapide et plus efficace l'assistance qui serait alors demandée. Les Etats partie déterminent et notifient à l'Agence, les experts, le matériel et les matériaux qui pourraient être mis éventuellement à disposition.

En cas de survenance d'un sinistre, peut être demandée une assistance portant sur le traitement médical ou l'installation provisoire de personnes atteintes, sur un territoire d'un autre Etat partie.

L'Agence transmet les demandes d'assistance et coordonne la mise en œuvre de celle-ci. Cependant, malgré cet effort pour confier à l'Agence l'organisation de l'assistance, la Convention tient à ménager la souveraineté de l'Etat qui requiert l'assistance.

Certes, le principe de non-intervention prohibe l'ingérence dans l'Etat producteur du sinistre d'autres Etats qui, contre son gré, entendraient en réduire les conséquences transfrontalières. Dans une telle hypothèse, l'Agence pourrait, semble-t-il, exercer une médiation pour obtenir l'agrément de l'Etat de l'accident.

En revanche, dès lors que celui-ci est donné, on aurait pu concevoir qu'un certain rôle opérationnel fût donné à l'AIEA dans un souci d'efficacité. La Convention ne le lui reconnait pas. Elle précise (article 3) que, sauf s'il en est convenu autrement, la direction, le contrôle, la coordination et la supervision d'ensemble de l'assistance incombe, sur son territoire, à l'Etat qui requiert l'assistance. Lui-même poursuit les installations et les services locaux

Dans le domaine de l'environnement, depuis deux décennies, plusieurs conventions confirment cette obligation :

— Convention de Genève du 13 novembre 1979 sur la Protection de l'Air contre les Pollutions Atmosphériques transportées à longue distance (articles 3 et 9)

— Convention du 10 décembre 1982 sur le Droit de la Mer (articles 192 et 197).

Sur une planète désormais exiguë, le concept d'utilisation équitable de l'environnement sur la base de la communauté d'intérêt des Etats, est incontestable.

La coopération implique une **obligation d'information** et de **concertation** sur les activités des mesures entreprises par un Etat et susceptibles de causer une pollution transfrontalière. Bien entendu, dans ce domaine comme dans celui de l'assistance humanitaire, la coopération internationale n'a de sens que si elle exclut toute discrimination.

L'accident de Tchernobyl a révélé l'insuffisante précision de ces principes.

B - Les conventions établies par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA).

a) La Convention de l'AIEA du 26 septembre 1986 sur la notification rapide des accidents nucléaires.

Dans le dessein de limiter les conséquences des accidents nucléaires, la Convention tend à instaurer la coopération de tous les Etats concernés. En cas d'accident qui entraîne ou est susceptible d'entraîner un rejet de matières radioactives sur un plan transfrontalier, l'Etat du lieu du sinistre doit notifier sans délai, directement ou par l'intermédiaire de l'AIEA, aux Etats qui sont ou qui peuvent être physiquement touchés, la nature de l'accident, le moment où il s'est produit et sa localisation, la cause supposée et l'évolution prévisible de l'accident, en ce qui concerne le rejet transfrontalier des matières radioactives.

Doivent également être indiquées les caractéristiques du rejet, les conditions météorologiques et hydrologiques du moment et les prévisions à leur égard, les mesures de protection prises ou projetées.

Cette Convention est entrée en vigueur le 26 octobre 1986.

A son tour l'Agence informe immédiatement tout Etat concerné, qu'il soit ou non partie à la Convention, qu'il compte ou non parmi ses membres, des notifications qu'elle a reçues. Ces diverses informations doivent être complétées à intervalles appropriés.

La Convention organise une coopération de nature à faciliter et à accélérer l'adoption de mesures efficaces :

- tout Etat partie à la Convention indique à l'Agence quelles sont ses autorités

l'Etat producteur du dommage, risque de ne présenter qu'un intérêt pratique assez limité, compte tenu de l'ampleur des préjudices subis par des tiers nombreux, répartis sur des zones très étendues. Un accident nucléaire se déroule sur une durée toujours trop longue compte tenu de ses effets prolongés et épars.

En revanche la responsabilité de l'Etat où s'est produit l'accident est d'une réelle importance dans la mesure où elle met à sa charge l'obligation de prendre des mesures de prévention effective pour empêcher la survenance des accidents ou, du moins, pour en réduire les conséquences.

B - Obligation de prévention

Dans l'exercice de ses droits souverains d'exploiter ses ressources naturelles, l'Etat prend en considération l'incidence des activités, présentes ou envisagées dans des zones placées sous sa juridiction, sur l'environnement situé au-delà de ses frontières nationales. Il doit prendre de bonne foi et avec la diligence requise, les mesures appropriées pour prévenir la pollution transfrontalière.

Cette règle s'inspire du principe 21 de la Déclaration de Stockholm de 1972.

L'obligation de prévention a été énoncée par le Programme des Nations-Unies pour l'Environnement, le 22 novembre 1984 et par la CEE. Elle résulte aussi de la généralisation des études d'impact entreprises dans les Etats concernés.

La règle est également consacrée par diverses conventions bilatérales. L'Etat ne peut plus considérer les problèmes d'environnement dans le seul cadre de son territoire. Cette perception de l'environnement dans sa globalité fonde le droit de l'humanité à l'environnement sain.

II.Régime des ripostes à l'accident

Si un accident survient, l'Etat sur le territoire duquel il s'est produit doit en avertir les Etats susceptibles d'être atteints par ses effets. Il s'agit de tarir aussi vite que possible la source des nuages nocifs. L'Agence internationale de l'énergie atomique a, depuis Tchernobyl, complété cette règle grâce à deux Conventions.

A - L'obligation générale de coopération et d'assistance.

D'une façon générale, tous les Etats membres de l'ONU sont liés par l'obligation de «réaliser la coopération internationale en résolvant les problèmes d'ordre économique, sociaux,... ou humanitaires» (article 1, paragraphe 3). Un droit de la coopération est venu doubler et enrichir le simple droit de coexistence. Ce devoir de coopération se prolonge dans le principe 9 de l'Acte Final d'Helsinki mentionnant les devoirs de bon voisinage.

Etat actuel d'une coopération internationale en cas d'accident nucléaire

René-Jean Dupuy

Historiquement et conformément à la nature des choses, le droit a été conçu à la mesure de vies localisées, d'hommes établis sur des terres, domaines privés ou territoires étatiques, dans le cadre desquels il accomplissent leur existence juridique. Cet exercice paisible de leurs droits n'était troublé que par les agressions et la guerre. Aujourd'hui l'adversité peut se manifester par l'intrusion dans leur milieu d'un nuage invisible émanant non de l'initiative d'un ennemi, mais d'une source accidentelle.

La Conférence des Nations-Unies tenue à Stockholm en 1972 a proclamé le droit des hommes à un environnement sain. Or par nature, la pollution est sans frontière. La survenance d'un accident résultant d'une activité à haut risque, spécialement d'une activité nucléaire, va donc inévitablement mettre en cause la responsabilité de l'Etat sur le territoire duquel il s'est produit et un devoir de coopération à la charge de tous les pays atteints par ses effets dommageables.

I.Responsabilité de l'Etat au lieu de l'accident

A - Le principe

Depuis longtemps déjà est acquis le principe de la responsabilité de l'Etat pour tout dommage causé à d'autres pays, à partir d'activités menées sur son propre territoire. Reconnu par une sentence arbitrale célèbre, intervenue en 1940, entre le Canada et les Etats-Unis, cette règle a été rappelée depuis par la Résolution de l'Assemblée générale des Nations-Unies de 1971 sur les relations amicales entre les Etats, cependant que la Cour internationale de Justice affirmait à la même époque (affaire de la Barcelona Traction) que pèsent sur les Etats des obligations à l'égard de la Communauté internationale dans son ensemble. Une formule aussi vaste couvre parfaitement les accidents comportant des dommages transfrontaliers pouvant atteindre des espaces et des populations fort éloignées du lieu de l'accident.

Cependant la responsabilité qui justifie l'obligation de réparer incombant à

training facilities as well as expert services, when requested, to initiate programmes in other countries.

I hope that this Conference will set the pattern for future action and I conclude with my thanks to His Majesty and the organizers.

industry from the selection of sites to design, operation and decommissioning of plants.

As different types of radioactive materials are handled/processed, radiation exposure control measures are also varied. The programme consists of the following measures :

- Periodic radiation surveys in the work areas;
- Monitoring of individual workers for internal and external exposure;
- Monitoring of radioactive releases and environmental surveillance;
- Quick and safe disposal of radioactive wastes.

Public concern about the safety of nuclear power stems from the fear of potential releases of radioactivity from a nuclear reactor and associated facilities in case of an accident and release from the high level immobilised waste resulting from fuel reprocessing. This is due to the knowledge of the hazards of nuclear radiation on man and environment through the black shadow of the horrendous experiences of Hiroshima and Nagasaki. Nuclear scientists are constantly carrying on investigations into the harmful effects of nuclear radiation through extensive range studies on the survivors from Hiroshima and Nagasaki, and on industrial workers of radium industry as well as the victims of nuclear testing programmes in order to define the permissible levels of radiation exposure. Although studies on the second generation of the victims of Hiroshima and Nagasaki do not indicate genetic effects except negligibly, the research is still carried on. Nuclear industry is being extra careful and it is thus that we have passed 3000 power reactor years of operations with an excellent safety record.

One of the basic public concern has been the management of radioactive wastes from the nuclear power programmes. This is one of the primary actions to be taken. As the environment may be affected, the discharge should be little and well below the internationally accepted limits. The need to develop technologies in this field is an urgent necessity. In my country the liquid waste is first concentrated and incorporated into glass by the vitrification process and then these wastes are stored for a very long period. Other countries too are trying to discover methods of permanent storage of waste and its disposal.

Nuclear technology is a highly sophisticated matter and it is difficult, particularly for a developing country which cannot be self-reliant on all facets of technology. Achieving international cooperation is essential and the developed countries must realise that this safety is in their own interest. Regional cooperation must also be there and most important is the holding of Conferences of this type at shorter intervals.

In the end I would say that we have been sharing our experiences in this field of peaceful uses of nuclear energy with others particularly under the cooperation agreemment. Under this agreement India has been providing

For the purpose of ensuring safety we have first the International Atomic Energy Agency (IAEA) founded in 1950. Through it one can exchange information about use of materials, fabrication techniques and safety devices. I wonder if through this agency safety standards have been developed and research and development facilities provided. It should have power of inspection of any nuclear establishment said to be for peaceful purposes in order to evaluate its safety level.

We cannot say that the safety record has not been well maintained. And this record goes over 3000 reactor years ! But accidents will take place and when they do, fortunately the radiation injuries are negligible and radiation levels do not rise steeply. In Three Mile Island, the radioactivity in the environment was negligible, while at Tchernobyl, the death roll was big and the danger spread to even the neighbouring countries. It is this which makes us think of the future. As I said before even today persons who came in contact with the polluted air or were within reach of radioactivity, are living in the dread of long term injury to them and their progeny.

However, as a result of this accident, it has become necessary for all countries to have a fresh look at the safety measures of their nuclear power establishments. This should be done first to incorporate any additional safety features where necessary and also to prepare and equip ourselves for any emergency which may arise. There has also been a quick and positive response from nations towards international cooperation in this field. Already the International Atomic Energy Agency has initiated Research and Development programmes in different parts of the world to understand and develop all aspects of safety. Two international conventions, namely one on «early notification of a nuclear accident» and the other on «mutual assistance in case of a nuclear accident or radiological emergency» were discussed and finalized, at the International Atomic Energy Agency in September, 1986. They were signed and ratified by an overwhelming number of countries. Action was initiated on the enhanced safety programme at the International Atomic Energy Agency. Confidence was expressed by the countries (developing and developed) in the safety of nuclear power and the need to continue the programme of generation of nuclear power.

At present the advance made is this. Protection of workers, the public and the environment are now the important areas of safety features. Radiation exposure criteria, as recommended by the International Commission on Radiological Protection (ICRP), are being adhered to. Based on these criteria, International Atomic Energy Agency has, in consultation with the World Health Organization, International Labour Organization and other world bodies recommended various safety standards which limit the exposure of the workers and the public. These standards are under constant check and scrutiny. The radiation protection programme is implemented by specially trained personnel who are associated with all the activities of the nuclear

of their atoms and nuclear energy comes from the fission or cleavage of the nucleus. All this science of the exploitation of the atoms and the energy that can be released, which energy can destroy whole cities in a flash, is going ahead and more is yet to come. The world has already stock-piled war-heads which if they exploded would destroy the world a dozen times over !

If this energy could be used without danger to ourselves, it would be wonderful. But the danger is not only from its abuse but from some mischance and error of judgment. This is what we have to consider in this Conference.

Time was when new discoveries were not much in favour. In the BRIDGE OF ALLEN REPORTER of 1803, we read that the 'sin' of invention was punished. When Fergusson invented the fanner to blow the chaff away from the grain, he was summoned before a Tribunal and reproved. Similar was the reaction to Hargreave's Jenny and Crompton's Mule when they were invented. Today the search is for higher and higher technologies, and more and more sophisticated machines. We want super computers, super conductors, super missiles, super this and super that. In this race for invention, egged on by a fear psychosis, nation after nation is trying to arm itself with more and more lethal weapons and among them are atom bombs. In comparison with the bombs that fell on Hiroshima and Nagasaki, the new bombs are several times more potent. We now have the more destructive Hydrogen bomb and the dreaded Neutron bomb and one does not know where this race for nuclear armaments will stop.

If danger existed only from warlike use of nuclear energy to destroy enemies, one would have thought that treaties banning nuclear weapons in which all nations join would have been enough to deter the use of this Frankenstein's monster. But when we add to this the dangers arising from mischance, even the peaceful exploitation of the powers of the atom warns us against its use carelessly. Already some countries are reducing their peaceful use of nuclear power and partly decommissioning installations. Today electrical energy installed and used is of the order of 300,000 MWe but it forms only 15 per cent of the total energy utilisation in the world from all sources. The developing world with its 75 per cent share of the world population, uses less than 25 per cent of this energy, thus taking the per capita electricity power in the developing countries lower by one or two orders of magnitufe compared with the developed countries. This disparity remains to be removed. The per capita consumption of electricity has come to be the accepted index of development. The burning of firewood, oil and coal even to produce electricity is fraught with dangers of causing a green-house effect. We must also remember that supplies of wood, coal and oil are not inexhaustible and then the only alternative seems to be nuclear energy.

motto and the theme of that conference was «ATOMS FOR PEACE». I remember suggesting a slight change to «ATOMS **ONLY** FOR PEACE». The suggestion was acclaimed but it did not catch on. The horrors of Hiroshima and Nagasaki were very much with us then. The memory has faded with the old and the young are not fully aware of them as that was much before their time. We however, then fully agreed that if the use of atomic energy to create bombs was banned, the way was clear for peaceful uses. Little did we then realize the possibility of danger, now brought home to us by the Tchernobyl and Three Mile Island accident, that the nuclear power, which we try to capture and tame, might sometimes get loose and attack persons within reach of its poisonous emissions.

When the Tchernobyl disaster took place my wife and I were in Stockholm in the first week of that fatal May. There was much consternation among the people. Every gaze turned towards the skies to watch for changes which might indicate the presence of contaminated dust clouds. The skies remained clear and gave some assurance yet precautions were taken almost at once. People stopped drinking milk, and even water unless it came out of a bottle and fresh fruits and green vegetables were avoided. The newspapers were, as is usual with them, scary, and reported from day to day, the extent of radioactivity on aeroplanes, in the fields and even on the clothes of persons travelling from the areas close to the site of the disaster. We left for London at the end of the first week of May and I confess that I felt relieved that we had put a significant distance between us and the scene of the disaster. Even today in India there is a rumour that the butter we had imported from Ireland was radioactive : fortunately, it proved to be untrue. The efforts of the USSR on a war footing soon entombed the offending equipment in a grave of several thousand tons of cement. But even now persons of the immediate locality are scared and apprehend long term injury and damage to health of the future generations. These incidents have brought home the urgency of the problem of safety and the need for Nations to get together to devise means of eliminating a recurrence.

Man's quest for newer and newer forms of energy has gone on ever since fire was discovered. Soon man discovered the power of steam. Then came electricity and it was generated by burning wood, fossil fuels like coal and oil or by harnessing the forces of water, air and solar energy. Then came nuclear energy. To a mere lawyer, such as I am, words like atoms, molecules, nucleus, protons, neutrons and electrons are puzzling. I know that Democritus expounded the atomic theory nearly two and a half millennia ago by proving that the matter was composed of discrete particles, which he called 'uncutable bodies'. The mind boggles at the knowledge that billions of atoms placed side by side measure only a couple of centimeters. Even the small atom has a nucleus which is its one hundred thousandth part and that nucleus has smaller particles called protons and neutrons and revolving round the protons are electrons ! Different elements have different number of protons in the nuclei

Necessity of International Cooperation for the Prevention from Nuclear Accidents

M.Hidayatullah.

I express once again my gratefulness to His Majesty for this opportunity to take part in this Conference. I am also glad to meet Professor Abdullatif Berbich and my other colleagues on the Academy. While I am glad to be with you, I apprehend that this Conference is properly the domain of scientists, engineers and technologists. I admit that being a mere lawyer and a man of literature and not versed in Physics and much less in Nuclear Sciences I am unable to contribute significantly to our discussions in a scientific or technological way. Yet as Law touches every aspect of human activity, nuclear hazards, whether from warlike or from peaceful uses of nuclear energy raise legal questions both in national and international life. The state owes a duty of care not only to its own people but also to the neighbouring states and to all the people living in this world. The principles which apply were examined and expounded by a panel of Judges who tried what has been called the BELGRADE SPACESHIP TRIAL held on July 20-25, 1971. The panel of Judges consisted of Chief Justice of the United States Mr.Warren E.Burger, Chief Justice Terje Wold (Retd.) of Norway, Chief Justice James A.A. Pierre of Liberia, President of the Constitutional Court of Yugoslavia Mr.Blazo Jovanovic, Chief Justice Azu Crabbe of the Court of Appeals of Ghana and myself. The entire proceedings have appeared in the shape of a book and it can be obtained from the World Peace Through Law Centre 300 Hill Building Washington 20006 D.C. U.S.A. The principles applicable here are the same as in other cases of disaster.

Not a very long time ago a great peril arose in a part of Europe from a nuclear mishap at Tchernobyl in the USSR on 26 April, 1986. Previously also at the Three Mile Island in the USA in March 1979 a similar but smaller disaster had taken place. We are informed that in some other countries also, which are using nuclear reactors for the production of electrical energy, smaller escapes of nuclear gases and radiation had taken place and we know that in all countries the disposal of nuclear waste is causing concern.

Years ago, I inaugurated a Conference on the use of Atomic Power. The

- REYNERS (PATRICK) «Procédures d'autorisation des installations nucléaires dans les pays de l'OCDE». Collection Juridique n°13. Vienne AIEA - (1986).
- PASCAL MAURICE «Droit Nucléaire», Série Synthèse, Collection CEA, Ed.EYROLLES (1979).
- AIEA «Organisation Gouvernementale pour la réglementation en matière de sûreté des centrales nucléaires». Collection Sécurité n°50-C-G, AIEA, Vienne (1979).

des plans d'intervention en dehors du site. Ces plans d'intervention visent essentiellement à donner des instructions et conseils aux populations pour être à l'abri des rejets, observer certaines mesures d'hygiène, voir à demander ou ordonner l'évacuation de la zone.

Dans ces situations le problème de la coordination des responsabilités se pose avec acuité.

- Coopération internationale dans le domaine de la réglementation nucléaire

En plus du caractère stratégique des matières nucléaires, de l'interdépendance qui marque l'industrie nucléaire, particulièrement dans le domaine de l'enrichissement et de la gestion des déchets du combustible irradié, la question des rejets transfrontaliers d'un accident nucléaire a donné une dimension plus large à la coopération internationale dans le domaine de la sûreté nucléaire.

Les deux conventions relatives à la notification rapide d'un accident nucléaire et à l'assistance mutuelle en cas d'accident ou de situation d'urgence radiologique, adoptées au mois de Septembre 1986 lors d'une session extraordinaire de l'AIEA, témoignent de l'urgence à cerner davantage les conséquences transfrontalières d'un accident nucléaire et de délimiter la responsabilité de l'Etat où l'accident a lieu.

A la suite de l'évènement de Tchernobyl, certains pays appellent à l'adoption de normes internationales de sûreté ayant force obligatoire, qui pourraient être prescrites sur la base des normes de sûreté nucléaire du programme NUSS de l'AIEA.

Cette position est encore loin de recueillir l'approbation des différents Etats, vu ses implications disproportionnées pour des pays ayant des parcs électronucléaires relativement importants.

Sur un autre plan, des actions encourageantes sont menées entre les organisations internationales telles l'AIEA, l'OMS, et la FAO pour l'harmonisation des réglementations nationales concernant le contrôle des niveaux d'irradiation de certaines denrées alimentaires.

En conclusion, il est à souhaiter que la question de l'harmonisation des réglementations nucléaires devrait se faire d'une manière progressive, en développant au maximum celle concernant les utilisations des techniques nucléaires courantes pour arriver à celle concernant les installations nucléaires.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- HA-VINH (PHUONG) «Législation nucléaire». Organisation et Responsabilité. Collection Juridique n°13. Vienne AIEA (1936).

soit à l'échelle locale et/ou fédérale.

- Le niveau de développement économique et industriel. Dans un pays avancé, disposant d'un tissu industriel développé, la réglementation technique en matière nucléaire s'applique facilement vu l'état d'avancement de la technologie et la présence locale du fournisseur des équipements.

- Certains pays disposent d'une loi-cadre fixant les principes généreux d'utilisation et de réglementation des activités nucléaires, avec renvoi à des textes d'application, réglementant les différents aspects de l'énergie nucléaire.

- Autorités Responsables

Si sur le plan politique, de nombreux pays ont crée des commissions nationales d'Energie Atomique, organe ayant pour mission de tracer les orientations nationales en matière de développement de l'énergie nucléaire, sur le plan réglementaire, les missions d'octroi des autorisations et du contrôle sont souvent réparties, (notamment dans les pays de l'OCDE) entre les Ministères chargés respectivement de l'Industrie et celui chargé de la Santé Publique.

- Procédures d'autorisation :

Celle-ci est exigée pour chaque étape du projet de réalisation d'une installation nucléaire ; elle est délivrée généralement par le Ministère Compétent, après avis des autres départements ministériels et organismes consultatifs.

Dans les pays ayant déjà réalisé des programmes nucléaires, cette procédure dépend de leurs systèmes juridiques et pratiques administratives. Cette procédure peut se ramener suivant la réglementation de chaque pays soit à une autorisation unique (France, Japon) ou à une double autorisation (de construction et d'exploitation : Canada) ou à une triple autorisation (site, construction et exploitation : Espagne). Certaines pratiques n'autorisent l'installation nucléaire proprement dite qu'après approbation du site sur lequel elle serait construite (Royaume Uni). Des permis sont délivrés parfois pour marquer certaines phases importantes de la procédure d'autorisation (changement du combustible, essai de mise en service).

- Situation de cas d'urgence

Elle est prévue normalement au stade de la planification du projet de l'installation puisque le requérant d'une autorisation prévoit dans ses études de sûreté les cas ultimes de rejet accidentel de matières radioactives.

Les exploitants des installations nucléaires sont tenus de prévoir des plans d'évacuation d'urgence à l'intérieur des installations et de coopérer avec l'organisme réglementaire et les pouvoirs publics concernés par la préparation

nucléaires, y compris la gestion des déchets radioactifs.

- Le transport sans danger des matières radioactives
- La protection physique des matières et installations nucléaires
- Comptabilité et contrôle des matières nucléaires
- Responsabilité pour des dommages nucléaires à l'égard de tiers.

- Processus réglementaire

Les systèmes législatifs mis en place par les différents pays prévoient la promulgation de réglements qui définissent des normes de sûreté auxquels les demandeurs et détenteurs d'autorisations devront se conformer, ainsi qu'ils prescrivent d'une manière détaillée les procédures administratives pour l'octroi d'une autorisation.

Cependant, ces réglements évitent en général de fixer d'une manière systématique des normes techniques précises, en raison de l'évolution technologique et de l'expérience dans ce domaine.

Par conséquent, les exploitants, fabricants et concepteurs d'installations nucléaires gardent la latitude d'utiliser les codes et normes élaborés par les Associations Professionnelles et qui sont actualisés en fonction de l'état de développement de la science et de la technique. Les organismes réglementaires élaborent également à titre indicatif des guides, règles ou procédures d'application des principes de sûreté fixées par les réglements.

D'une manière générale les autorisations fixées par les réglements portent sur les principales étapes d'un projet d'une installation nucléaire.

- Le choix du site
- La conception de l'installation et la construction
- La mise en service
- L'exploitation
- et le déclassement.

Les conditions d'octroi de ces autorisations exigent des exploitants la prise en considération de situations de fonctionnement normale, incidentelle ou accidentelle pour assurer la sécurité du personnel et du public et qu'il n'y ait pas de risque pour l'environnement.

Pour cela, des rapports de sûreté de l'installation doivent être soumis aux autorités de sûreté, et correspondre, selon la réglementation de chaque pays, aux types d'autorisations décidées.

En général la conception du cadre réglementaire et du système des autorisations varie d'un pays à l'autre et reste marquée par différents facteurs tels que :

- Le mode d'organisation constitutionnelle, l'état à structure fédérale incite à poser le problème du niveau de responsabilité de l'octroi d'une autorisation,

Aspects réglementaires des accidents nucléaires

Abdelmajid Çaoui

Avec la mise en service de 394 réacteurs de puissance, répartis dans 26 pays, et produisant 15% de la consommation mondiale de l'électicité, l'énergie nucléaire à des fins pacifiques a connu durant ces trois décades un développement rapide sue le plan scientifique, technique et industriel.

Ce développement s'est fait, dans une grande mesure, grâce aux exigences de la sûreté nucléaire, draconiennes parfois et qui sont prescrites sur la base d'un arsenal législatif et réglementaire bien différent du système classique.

En général les objectifs assignés à la législation nucléaire visent essentiellement :

- à établir le cadre législatif dans lequel seront réglementés le développement sans danger de l'énergie nucléaire et son emploi dans l'intérêt national en tenant compte des engagements internationaux auxquels a souscrit l'Etat en vertu de Conventions ou de Traités.

- à fixer en conséquence les principes fondamentaux et les conditions d'autorisation des activités nucléaires afin qu'elles ne comportent pas de risque inacceptable pour la sécurité du personnel et du public ou pour la protection de l'environnement.

- à créer une structure réglementaire qui soit investie d'une autorité suffisante afin de pouvoir contrôler et surveiller de façon effective les activités autorisées.

- à assurer une protection financière adéquate contre les dommages résultant d'un accident nucléaire.

Dans la pratique, les principales composantes de la législation nucléaire se ramènent aux rubriques suivantes :

- Protection radiologique et contrôle réglementaire des matières radioactives et autres sources de rayonnements ionisants, y compris la protection de l'environnement.

- La sûreté nucléaire et le contrôle réglementaire des installations

[5] **International Atomic Energy Agency.** Planning for off-site response to radiation accidents in nuclear facilities. IAEA Safety Series n°55, Vienna, (1981).

[6] **International Atomic Energy Agency.** Principles for establishing intervention levels for the protection of the public in the event of a nuclear accident or radiological emergency. IAEA Safety Series n°72, Vienna, (1985).

[7] **N.Parmentier.** Organization of radiological emergency in France. dans : Emergency and Disaster Medicine. Third World Congress, Rome, 24-27 May 1983, 100-108, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, (1983).

[8] **M.Schlumberger, N.Parmentier, J.Chavaudra, C.Parmentier, M.Tubiana.** Conduite à tenir en cas de contamination par les radioisotopes de l'iode. La Presse Médicale, sous presse, (1987).

[9] **International Atomic Energy Agency. Manual on early medical treatment of possible radiation injury. IAEA-WHO-ILO, IAEA Safety Series n°47, Vienna, (1978).**

[10] **National Council on Radiation Protection and Measurements.** Management of persons accidentally contaminated with radionuclides. NCRP Report n°65, Washington DC, (1980).

[11] **International Atomic Energy Agency.** Final document resolutions and convention. General Conference, 24-26 Sept. 1986. GC (SPL.1)/Resolutions. (1986).

b) les prévisions financières et les responsabilités de chaque pays;

c) les autorités compétentes de chaque partie pour l'établissement des plans d'urgence;

d) les droits et devoirs des intervenants d'un pays alors qu'ils assistent une autre nation sur son territoire.

Après l'accident dt **Tchernobyl**, deux problèmes ont été immédiatement soulevés :

(i) le **commerce international des produits alimentaires** a subi de lourds préjudices suite à cet accident. Il est nécessaire d'aboutir, sans doute sur la base d'une méthode d'optimisation, à une harmonisation des niveaux d'intervention dérivés pour les principaux produits alimentaires et ce, pour les grandes familles de produits radioactifs susceptibles de contaminer l'alimentation. Les principaux paramètres à prendre en compte sont :

- le niveau de dose évité
- les coûts de la mise en application de ce niveau de référence
- les coûts de l'interruption des circuits commerciaux.

(ii) la **notification rapide de l'accident** qui n'a pas été diffusée d'une façon systématique. Depuis l'accident, l'AIEA, au cours d'une session spéciale en Septembre 1986, a recueilli l'adhésion des Etats membres pour une notification rapide de tout accident nucléaire donnant lieu à un rejet transfrontalier pouvant être significatif sur le plan de la sécurité radiologique pour un autre état [11].

REFERENCES

[1] **International Commission on Radiological Protection.** Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 26, Annals of the ICRP, 1, n°3, Pergamon Press, Oxford, (1977).

[2] **International Commission on Radiological Protection,** Protection of the public in the event of a major radiation accident : Principles for planning. ICRP Publication 40, Annals of the ICRP, 14, n°2, Pergamon Press, Oxford, (1984).

[3] **World Health Organization.** Nuclear Power : Accidental releases - principles of public health action. WHO Regional Publications, European Series n°16, Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, (1984).

[4] **International Atomic Energy Agency.** Basic safety standards for radiation protection. IAEA-ILO-NEA (OECD)-WHO, IAEA Safety Series n°9, Vienna, (1982).

Le programme de surveillance durant cette phase comprend des mesures (essentiellement débits de dose et activités surfaciques) et des prélèvements (frottis, végétaux, sols,...).

(iii) La troisième phase complète les mesures de dépôt faites au cours de la deuxième : confirmation et éventuellement extension des mesures si la deuxième phase a mis en évidence des dépôt significatifs. D'autre part si la centrale se trouve près d'une zone d'élevage, des mesures seront faites sur la contamination du lait; ceci est justifié par la rapidité du transfert à l'homme des dépôts d'iode assimilés par le bétail.

(iv) La quatrième phase n'intervient que plus tard, après que des mesures d'intervention (décontamination par exemple...) aient été éventuellement prises. Son objectif est double :

- apporter des éléments de décision sur la levée ou le maintien des mesures d'intervention éventuellement prises, qu'il s'agisse par exemple de la consommation du lait ou de la mise à l'abri de la population;
- permettre de faire un bilan complet de l'exposition de la population résultant de l'accident.

6 - Coopération internationale et interrégionale

Les conséquences d'un accident survenant sur une installation nucléaire importante peuvent être telles que les capacités d'une région ou d'un état puissent être débordées. En fait, même si la région ou l'état peut faire face à la situation, il peut être jugé souhaitable que ses capacités soient renforcées, compte tenu de la gravité de l'accident. C'est dire l'importance de conventions d'assistance mutuelle d'urgence qui doivent bien entendu être établies à l'avance [5].

Sur la base de considérations géographiques, il est souhaitable que des états voisins se concertent et établissent des procédures communes sur la coordination des réponses, en particulier dans le cas d'installations sises au voisinage des frontières communes. Ces procédures doivent comprendre :

a) l'échange d'informations sur le site, les caractères techniques de l'installation et les séquences accidentelles possibles;
b) la collaboration dans l'établissement des plans d'intervention;
c) la procédure pour la notification rapide de l'accident, afin de pouvoir mettre en œuvre les actions appropriées;
d) la collaboration pour l'établissement des niveaux d'intervention communs, pour l'évaluation des risques, pour les mesures et les critères de l'analyse décisionnelle.

Cet accord, qui devrait être signé à un haut niveau politique [5], doit définir :

a) les responsabilités des intervenants pour l'assistance;

4.5 - Mesures de protection sans caractère d'urgence

Des mesures de protection autres que celles décrites plus haut visent à protéger la population contre les effets à long terme et à revenir à des conditions de vie normale. Ce type de mesure est tout à fait différent des premières, car les décisions peuvent être mûrement réfléchies et les risques, inconvénients, coûts peuvent être comparés avec leurs avantages. Ce sont, par exemple, les décontaminations des surfaces, le maintien de l'interdiction de consommer certains produits alimentaires, la récupération et le devenir des terrains cultivés contaminés ou non, etc... Il s'agit d'actions à long terme qui comportent des implications très variées et dont chaque paramètre doit être soigneusement pesé. La composante médicale ou sanitaire peut même n'être qu'un paramètre à peine déterminant dans le résultat de l'analyse.

5 - Acquisition des données

Deux méthodes sont successivement utilisées pour évaluer l'exposition de la population : la première est prévisionnelle et fondée sur l'évaluation la plus réaliste des rejets potentiels et sur les conditions météorologiques pendant ces mêmes rejets, la seconde sur les résultats des mesures de radioactivité effectuées sur le terrain. Ces mesures doivent être pratiquées selon un plan de surveillance pré-établi. Les deux méthodes sont complémentaires : les résultats de la deuxième permettant de vérifier les évaluations de la première et de corriger éventuellement les mesures de protection prises de façon préventive.

Le **plan de surveillance**, c'est-à-dire le recueil des données sur le terrain, peut schématiquement être divisé en quatre phases successives :

(i) La première phase se déroule pendant les toutes premières heures après l'accident. Elle a deux objectifs :

- tester par des mesures simples, lorsque les rejets ont déjà eu lieu, la validité des prévisions faites à partir des données sur les rejets et sur les conditions météorologiques. Les circuits empruntés par les équipes définies plus haut ainsi que les points où les mesures seront effectuées sont définis pour couvrir tout l'environnement de la centrale. Les équipes auront bien entendu des instructions sur la conduite à tenir si les doses reçues dépassent une certaine limite reconnue dangereuse;
- disposer des dosimètres à intervalles réguliers le long des circuits empruntés.

(ii) La deuxième phase concerne surtout la mesure des dépôts au sol. La définition des circuits qu'emprunteront les équipes de surveillance durant cette phase sera guidée :

- par les résultats des mesures effectuées durant la première phase;
- par les abaques prévisionnels relatifs au dépôt.

Les paramètres qu'il est nécessaire de prendre en compte sont variés et d'importance inégale; il faut citer :

- les caractéristiques propres de l'accident.
- les conditions socio-démographiques.
- le nombre de personnes à évacuer.
- la distribution en âge de ces personnes.
- la présence ou non de personnes infirmes, malades, alitées, et leur nombre.
- l'existence ou non d'établissements présentant des difficultés particulières et leur densité : usines, hôpitaux, maternités, maisons de vieillards, etc...
- les conditions climatiques.
- l'heure de la journée à laquelle l'alerte serait déclenchée.
- les conditions géographiques (existence ou non d'un réseau routier ou ferré adapté à l'évacuation).
- la possibilité de centres de replis, aptes à recueillir les populations évacuées et convenablement situés géographiquement.

Il faut de plus, pour que le bilan soit complet, chiffrer le risque inhérent au retour des populations dans les zones évacuées. Ce risque est bien moindre que ceux courus lors de l'évacuation, car le retour vers les habitations peut se faire dans de meilleures conditions et peut être échelonné dans le temps; dans tous les cas, il doit être concerté.

Les moyens à utiliser pour l'évacuation sont des moyens motorisés, de préférence de transport en commun. Il doivent être concertés, prévus secteur par secteur, dans le but d'éviter tout encombrement routier. Il faut savoir qu'un nombre notable de personnes refusera l'évacuation, entraînant de ce fait un état de confusion, voire de panique. Il faudra prêter une attention particulière à ne pas séparer les membres d'une même famille.

Dans le bilan décisionnel, les conditions sociales et économiques dans lesquelles l'évacuation se fait jouent un rôle important. Le coût social est très différent suivant les catégories de population touchées par cette mesure de protection; par exemple, l'évacuation et ses conséquences seront ressenties très différemment selon qu'il s'agit de populations de zones rurale, agricole, urbaine, industrielle, commerciale ou résidentielle. Dans le cas d'une population à caractère agricole, ce qui représente le cas le plus fréquemment rencontré dans le voisinage immédiat d'une installation nucléaire, la décision d'une évacuation des personnes, même limitée dans le temps, sera mal acceptée en raison des servitudes imposées par la maintenance obligatoire des soins aux animaux. Dans le cas d'une industrie locale touchée par la mesure d'évacuation et si l'évacuation des personnes travaillant dans cette industrie doit se prolonger, le coût financier de l'opération est élevé. Dans les deux cas, le détriment socio-économique, bien que difficile à chiffrer, représente un poids important dans l'analyse décisionnelle.

En conclusion, le coût social global d'une évacuation est élevé et bien que les risques encourus soient difficiles à quantifier, toute décision d'évacuation doit être mûrement jugée sur des éléments solides.

Les difficultés de la distribution de l'iode stable à la population sont dues essentiellement à :

- la rapidité avec laquelle l'administration de l'iode stable doit être effectuée, si l'on veut obtenir une efficacité significative;
- la nécessité de disposer, 24h sur 24h, de stocks suffisants de tablettes;
- la rapidité de prise de décision par le responsable compétent de la Santé Publique;
- l'assurance que cet iode stable est correctement pris par la population.

Les deux difficultés majeures au plan pratique résident d'une part dans le peu de temps dont on dispose dans tous les cas (sauf dans le cas de rejet contrôlé) et, d'autre part, dans la nécessité de distribuer dans ce même temps un médicament à un grand nombre de personnes. De plus, certains individus seront réticents à accepter cette thérapeutique préventive et pourraient même la refuser.

Il est actuellement admis qu'une dose ingérée d'iode de 100 mg ne fait courir aucun risque à un adulte en bonne santé. De grandes quantités d'iode sont prescrites quotidiennement à des malades sans effets secondaires. Il existe cependant une possibilité qu'une fraction de la population présente des réactions allergiques. Dans ces cas extrêmes une partie de la population ou des groupes bien définis (malades hospitalisés par exemple) peuvent souffrir d'hyperthyroïdisme ou de dysfonctionnement thyroïdien, et, la prescription d'iode pourrait amener des aggravations. C'est pourquoi il est important d'identifier à l'avance ces groupes particuliers et de prendre toutes précautions nécessaires avant d'administrer l'iode stable. Parmi ces groupes, les femmes enceintes représentent un groupe particulier en raison du risque de survenue possible d'un goitre et/ou d'une hypothyroıdie chez le nouveau-né [8]. D'autres moyens de protection peuvent être envisagés : sinon un suivi médical strict du nouveau-né s'impose.

4.4 - Evacuation

Une évacuation adaptée et contrôlée limite l'exposition directe par le nuage, par l'inhalation des produits radioactifs du nuage ou des produits remis en suspension, ainsi que celle due au dépôt. L'évacuation de groupes plus ou moins importants de la population constitue une mesure de protection qui s'accompagne de difficultés certaines, mettant en cause sa bonne exécution et qui peut, de surcroît, entraîner des risques sanitaires et autres, à considérer très attentivement [2, 3, 5].

La difficulté essentielle réside dans l'appréciation du bilan entre le risque dû à l'exposition potentielle en l'absence d'évacuation et les risques dus à l'évacuation elle-même. Le premier terme est entaché d'erreurs, en rapport avec les incertitudes sur le déroulement et l'importance de l'accident, ainsi que sur les variations possibles des conditions météorologiques comme par exemple, saute de vent, survenue ou arrêt de précipitations, pluie ou neige.

Le Tableau 3 donne une idée des grandes variations de facteur de protection apporté par l'habitat [3. 5].

Tableau 3

Facteur de protection apporté par le confinement
dans les bâtiments d'habitation
Rapport des doses reçues dedans et dehors [3, 5]

	Nuage	Dépôt
Dehors (1 m au-dessus de sol)	1	0,7
Maison en bois	0,9	0,4
Maison en bois, cave	0,6	0,05
Maison en briques	0,6	0,2
Maison en briques, cave	0,4	0,05
Grand bâtiment	0,2	0,02
Grand bâtiment, cave		0,01-0,005

Les risques du confinement sont faibles dans la mesure où il n'est maintenu que pendant des durées raisonnables, de l'ordre de quelques heures. Des confinements non planifiés, d'une demi-journée ou plus, risqueraient de causer des problèmes sociaux, médicaux et autres, tels que psycho-sociologiques, ne serait-ce qu'à des inquiétudes que les différents membres d'une famille éprouveraient, dans l'ignorance où ils seraient du devenir des autres membres. Par conte, la charge financière est faible, sauf si des industries locales ou des installations nécessaires à la marche normale du pays ou à sa sécurité sont perturbées.

4.3 - Administration d'iode stable

La distribution d'iode stable constitue un moyen simple de diminuer très notablement les doses à la thyroïde dues à l'inhalation des aérosols des isotopes de l'iode [2, 3, 5, 8]. L'iode stable agit par saturation de la glande thyroïde et réduit la fixation ultérieure des iodes radioactifs. Les facteurs de réduction des doses à la thyroıde diminuent rapidement avec le délai entre le traitement et l'inhalation des iodes radioactifs [9, 10]. La protection est quasi totale si la prise a lieu dans les six heures avant l'exposition; elle est encore de 90% environ si la prise a lieu au moment même de l'inhalation; elle diminue rapidement ensuite à cause de la fixation rapide de l'iode par la thyroïde et n'est plus que de 50% six heures après l'inhalation. C'est dire l'importance d'une administration aussi rapide que possible, avec toutes les difficultés inhérentes à ce type de mesure de protection. Il est habituel de prescrire chez l'adulte une prise unique de 100 mg d'iode administrée per os, classiquement sous la forme de tablettes d'iodure de potassium.

réduction significative de l'inhalation de radionucléïdes. La décontamination des individus qui ont été exposés au nuage est possible et peut aller de la simple douche pratiquée à la maison à des installations très spécialisées; dans ce cas, elles ne peuvent être utilisées que pour un nombre limité d'individus contaminés à des niveaux significatifs. Enfin, des soins médicaux peuvent être nécessaires à un nombre extrêmement restreint de personnes. L'extension de ces mesures dépend de la taille de l'accident, de niveau de dose reçu et du nombre de personnes affectées.

Le Tableau 2 résume les principales mesures de protection envisageables et leur efficacité par rapport à l'origine de l'exposition.

Tableau 2

Efficacité des mesures de protection vis-à-vis de la source d'exposition

	MESURES DE PROTECTION					
Origine de l'exposition	Confinement	Admin iode	Evacuation	Interdiction de zones	Décontamination soles et surfaces	Interdiction de consommation
Nuage	+ +		+	+		
Inhalation aérosols	+	+ +	+	+		
Dépôt sol et surface	+		+	+	+ +	
Remise en suspension	±			±	+ +	
Consommation alimentaire				+ (?)	+	+ lait + +

Trois mesures de protection doivent essentiellement être prises en compte, car ce sont les seules d'efficacité assurée pendant le déroulement de l'accident et ses suites immédiates (passage du nuage et dépôts) : le confinement, l'administration d'iode stable et l'évacuation.

4.2 - Confinement

Cette mesure de protection implique peu de risques si elle ne dure que peu de temps. La protection contre l'exposition externe due au nuage varie d'un facteur 2 à 100. En France, la valeur retenue actuellement pour le facteur moyen exprimant le rapport entre l'exposition en plein air et l'exposition à l'intérieur d'une habitation est de 0,5. La protection contre l'exposition due au dépôt varie de 0,4 à 0,001. En prenant en compte les caractéristiques des bâtiments, la valeur moyenne de 0,002 est prise en France pour exprimer le rapport entre l'exposition due aux dépôts à l'extérieur et l'exposition à l'intérieur. En fait, ces facteurs doivent être ajustés site par site, étant donné les grandes différences qui existent d'une région à une autre ou d'un pays à un autre en ce qui concerne la nature de l'habitat.

En cas d'accident majeur de centrale nucléaire, et quelle que soit la valeur des équipes de la Sécurité Civile, il devra être fait appel également aux moyens des organismes nationaux spécialisés.

A noter qu'une étroite collaboration est indispensable entre les divers organismes concernés et les différents personnels d'intervention.

4 - Les mesures de protection de la population

4.1.Principales mesures

Les mesures de protection envisageables sont nombreuses et variées. [2,3,5,6]. La sélection des mesures les plus appropriées et applicables dépend de très nombreux paramètres (démographique, écologique, météorologique, géographique, socio-économique,...) et, de ce fait ne peut être envisagée que cas par cas, et essentiellement en fonction du type d'accident (donc d'installation) et de rejet. Les mesures de protection doivent être suffisamment souples pour pouvoir s'adapter à la situation accidentelle qui, par définition, ne peut être planifiée.

Les principales mesures de protection sont les suivantes :

a) Mise à l'abri de la population (confinement).
b) Administration d'iode stable.
c) Evacuation.
d) Interdiction de zones.
e) Limitation de consommation (aliments, eau).
f) Protection respiratoire.
g) Protection corporelle.
h) Décontamination individuelle.
i) Mise à l'étable du bétail (alimentation par fourrage stocké).
j) Protections individuelles.
k) Décontamination des habitations, des sols.
l) Evacuation différée, relogement.

En fait, toutes ces mesures de protection interfèrent avec les conditions de vie normale, les limitent ou les modifient. C'est le cas des interdictions d'accès à certaines zones, du confinement de la population dans les habitations, de l'évacuation, de la restriction de consommation d'eau potable et de nourriture et, dans le cas de rejet d'iode radioactif, de l'administration à la population d'iode stable, etc...

Des mesures de protection de priorité moindre peuvent aussi être prises. Parmi celles-ci, les protections destinées aux personnes elles-mêmes, comme celles protégeant le système respiratoire et le port de vêtements de protection, sont des mesures raffinées qui, en général, ne sont pas disponibles pour la population; cependant, des méthodes aussi simples que masquer la face avec un mouchoir replié ou une serviette humidifiée peuvent procurer une

- renseignements utiles aux différentes actions à entreprendre :
  - population concernée, nombre d'habitants par ville, village ou hameau isolé.
  - itinéraires d'évacuations possibles.
  - centres d'hébergement.
  - itinéraires détaillés de chaque équipe chargée des mesures de radioactivité.
  - nombre d'équipes, disponibilité,...

3.3 - Moyens opérationnels

L'établissement des plans d'intervention doit être accompagné par un ensemble d'actions visant à assurer la fiabilité du dispositif -notamment en renforçant les moyens existants et en créant de nouvelles structures. Il s'agit, à l'évidence, d'une tâche importante destinée à se poursuivre, en fonction de l'évolution des techniques et des possibilités.

Le dispositif opérationnel doit être basé sur des équipes locales rapidement mobilisables, puis dans un deuxième voire troisième temps, sur des équipes plus lointaines mais plus lourdes et plus nombreuses.

Par exemple, dans un premier temps, il serait fait appel à des équipes locales, mises sur pied sur l'ensemble du territoire pour faire face à l'ensemble des risques majeurs. Toutefois, un certain nombre d'entre elles, implantées à proximité des installations nucléaires, devraient avoir reçu une formation complémentaire en vue d'effectuer dans l'heure, sur des itinéraires pré-établis, les premières mesures de radioactivité prévues dans le plan d'intervention. Les matériels dont elles disposent - radiamètres à affichage digital (capables de mesurer des débits de dose à partir de 0,1 mSv/h) - doivent être d'une excellente fiabilité et permettre de prendre immédiatement les mesures conservatoires qui s'imposent.

Des équipes plus spécialisées doivent être prévues pour assurer un 2e échelon de l'intervention : par exemple, en France, ce sont les **Cellules Mobiles d'Intervention Radiologique,** constituées au sein des centres de secours principaux les plus importants, ainsi que dans certaines unités militaires (corps de sapeurs-pompiers, Unités d'Instruction de la Sécurité Civile aux ordres du Ministre de l'Intérieur). Leur répartition géographique a été adaptée au développement du programme électronucléaire. Aérotransportables en hélicoptère, en alerte en une heure, et soumises à des exercices inopinées, ces cellules constituent un outil opérationnel sur lequel on peut compter pour renforcer efficacement les moyens locaux. Le matériel dont elles disposent le leur permet, puisqu'il comprend des radiamètres et des détecteurs très sensibles. Leur formation, qui fait l'objet d'un soin particulier, est assurée par des officiers qui suivent régulièrement des stages techniques spécialisés.

Une grande souplesse est indispensable dans la fixation de ces niveaux d'alerte. Elle nécessite un dialogue permanent entre les principaux acteurs que sont l'exploitant, les autorités de sûreté et de radioprotection et le représentant des pouvoirs publics.

Les mesures de protection prévues au niveau 3 pour la protection des populations peuvent comporter leur mise à l'abri dans les bâtiments existants, leur évacuation, l'administration d'iode stable ou toute autre mesure appropriée. Ces mesures ne seraient prises que dans des secteurs limités et bien définis, sur avis des autorités compétentes responsables (par exemple la Santé, l'Industrie, l'Environnement, l'Intérieur, etc...).

Ces plans particuliers d'intervention doivent être tous structurés suivant un modèle unique, mais chaque plan doit être adapté au site concerné, en tenant compte notamment de la nature et de l'importance des rejets accidentels potentiels, de la démographie, des conditions météorologiques, des habitudes de vie, de la structure régionale (agricole, urbaine, industrielle...), de la configuration géographique (y compris les réseaux routiers, ferroviaires,...), des probabilités de support technique, sanitaire, médical, etc...

3.2 - Contenu du plan

Un plan particulier d'intervention doit contenir trois parties principales [7] :

(i) Inventaire des ressources disponibles :
- structure du commandement et missions des différents services
- individus impliqués dans l'intervention (numéros de téléphone, télex..., par exemple pompiers, hôpitaux publics et privés, équipes médicales...)
- moyens de transport, matériels de mesure de radioactivité, équipes impliquées, cars, autobus,...

(ii) Définition précise des trois niveaux

(iii) Action à prendre dans le cas d'un accident du troisième niveau :
- déclenchement de l'alerte :
  - à partir de la Centrale
  - à partir du responsable des pouvoirs publics
  - schéma détaillé des notifications officielles
- activation des postes de décision aux différents niveaux :
  - poste de commandement opérationnel placé auprès de l'autorité responsable, représentant les pouvoirs publics
  - poste de commandement technique, établi dès que possible, en rapport étroit avec le précédent. Sa tâche consiste essentiellement à coordonner les différents services qui seront responsables des mesures éventuellement mises en œuvre pour protéger la population et à diriger les mesures de radioactivité dans l'environnement quand l'accident est arrivé.

puissance. Ce poste a pour rôle de prendre toute mesure destinée à réduire la gravité de l'accident. En plus, doivent être constitués un poste «mouvement», responsable des moyens sur le site (transport, télécommunication, matériel de radioprotection, moyens d'intervention), un poste «contrôle», responsable des mesures et prélèvements à l'intérieur et à l'extérieur du site (véhicules de radioprotection, laboratoires à l'extérieur du site hors du trajet des vents dominants). C'est ce dernier qui déterminera, à l'aide des informations météorologiques, l'extension de l'accident. Enfin, le poste «direction» disposant des moyens de communication interne et externe, coordonne les postes précédents, a la responsabilité des décisions et est en liaison directe avec les autorités sur les plans technique et administratif.

L'exploitant peut s'appuyer sur une équipe locale de crise, constituée d'ingénieurs de la Centrale et d'autres services et de personnes compétentes mandatées par des Services ou Organismes compétents et responsables. Cette équipe doit disposer d'un local technique spécialement aménagé et comportant tous les moyens permettant de juger de la situation et de son évolution. De plus, une équipe de crise nationale doit être constituée, se partageant entre le Ministère responsable, avec un PC opérationnel et une mission locale répartie entre le site et le représentant des pouvoirs publics. Cette structure permet à l'autorité compétente de s'assurer du bien-fondé des mesures prises, d'établir les prévisions d'évolution et d'évaluer la probabilité de rejet radioactif à l'extérieur du site.

3 - Plan particulier d'intervention

3.1 - Principales dispositions

Couvrant un large éventail de situations accidentelles, ces plans doivent être conçus pour permettre au responsable représentant les autorités nationales de conduire les opérations d'urgence, au cours des premières heures, avec les moyens locaux, puis d'intégrer au dispositif ceux des organismes spécialisés aux plans régional et national.

Une attention particulière doit être accordée à l'interface du **Plan d'Urgence Interne**, de la responsabilité de l'exploitant nucléaire, avec l'intervention des secours extérieurs, dépendant des pouvoirs publics.

Comme pour les plans internes, il est classique de distinguer trois niveaux d'alerte, selon la nature et la gravité de l'évènement :

— **Niveau 1 :** accidents conventionnels pouvant exiger d'importants moyens d'intervention extérieurs (incendie par exemple);

— **Niveau 2 :** accidents radiologiques limités au périmètre de l'installation;

— **Niveau 3 :** évènements pouvant créer un risque radiologique pour les populations voisines.

2 - Plan d'urgence interne

Le plan d'urgence interne est élaboré et mis en application sous la responsabilité de l'exploitant. Il est classique de définir plusieurs niveaux dans ce plan, à des degrés croissants de gravité, et correspondant au plan particulier d'intervention qui concerne la population.

Le premier niveau concerne les accidents classiques. Les deuxième et troisième niveaux concernent les accidents radiologiques, soit limités au site (niveau 2), soit ayant une potentialité de conséquences hors site (niveau 3). La définition de ces trois niveaux est précisée dans le Tableau 1. Il est nécessaire de définir les activités rejetées accidentellement qui conditionnent le passage du niveau 2 au niveau 3. Ce dernier niveau correspond au déclenchement du plan particulier d'intervention, lorsque les doses reçues par la population proche sont jugées inacceptables.

Tableau 1

Niveau 1 :	Accidents à caractère classique		
	Incendie Explosion Blessés etc...	+	Mise en œuvre de secours extérieurs
Niveau 2 :	Accidents		
	Incendie Explosion Problèmes matériels Blessés	et ou	Probabilité d'émissions d'éléments radioactifs à l'intérieur du site
Niveau 3 :	Tout événement qui provoque ou risque de provoquer une émission d'éléments radioactifs à l'extérieur du site		

A partir des mesures effectuées au point d'émission (en général, cheminée de ventilation) et des conditions météorologiques locales, il est possible, à l'aide d'abaques, d'évaluer les doses que recevraient les populations en cas de rejet effectif et d'absence de mesure de protection. Ce niveau d'incident ou d'accident, transmis par l'installation nucléaire aux représentants locaux des pouvoirs publics, permet à ces derniers d'adapter le schéma prévu dans le plan d'intervention. La responsabilité de l'exploitant doit en fait aller plus loin : dès l'alerte donnée, la Direction décide ou non la mise en œuvre du plan d'urgence interne, la constitution et l'activation de divers postes de contrôle et de commandement. Le premier est le poste de commandement local, installé dans la salle de commande de la tranche accidentée, s'il s'agit d'un réacteur de

circonstances de chaque cas et ne peuvent consister, par conséquent, qu'en des indications générales».

Il s'agit ici d'appliquer le principe général d'optimisation. Comme la plupart des formes d'intervention s'assortissent de certains détriments, la méthode optimale d'intervention dépend de la comparaison entre le détriment causé par l'intervention et l'avantage produit par la réduction de la dose reçue qu'elle produit. L'équilibre entre les deux dépend nécessairement des circonstances locales au moment où se produit la situation qui appelle une intervention, mais des plans doivent être établis à l'avance pour faire face aux imprévus. Il convient ausi de souligner que toute mesure de protection, aussi anodine semble-t-elle, s'accompagne d'effets négatifs, qu'ils concernent directement la santé publique ou non.

Le DETRIMENT RADIOLOGIQUE subi par la population peut être de nature variée : si les doses sont suffisamment élevées pour entraîner des effets aigus à seuils, certains groupes particulièrement exposés pourront extérioriser des effets **non-stochastiques**, tels que brûlures radiologiques, effets sur le système hématopoïétique, pathologie thyroïdienne, etc...; si les doses se situent au-dessous de ces niveaux, il subsiste la possibilité de survenue à long terme de cancers et leucémies - effets **stochastiques** - dont la probabilité d'apparition est en rapport avec le niveau de dose reçue et qui semblent apparaître «au hasard» dans la population exposée. Les principes qui régissent l'intervention en cas d'accident sont directement liés à la nature de ces effets [2] :

(i) Les effets non-stochastiques devraient être évités grâce à des mesures de protection, en limitant les doses individuelles à des niveaux inférieurs aux seuils à partir desquels ces effets apparaissent.

(ii) Le risque des effets stochastiques devrait être limité par des mesures de protection qui apporteront un bénéfice net aux individus concernés. Cet objectif peut être atteint en comparant la réduction de la dose individuelle, c'est-à-dire le risque individuel, en rapport avec la mise en œuvre d'une mesure de protection, avec l'augmentation éventuelle du risque individuel en rapport avec la mesure de protection elle-même.

(iii) L'incidence totale des effets stochastiques devrait être limitée, autant que faire se peut raisonnablement, par la réduction de l'équivalent de dose collectif. Cette évaluation, en rapport avec la somme d'exposition peut être menée à bien par des techniques d'analyses coût-bénéfice, et est identique aux procédés d'optimisation, puisque le coût de la diminution sanitaire dans la population affectée est équilibré avec le coût des mesures de protection envisagées.

Tous ces principes se retrouvent en filigrane dans les différents niveaux de préparation à l'accident, qu'il s'agisse des plans internes destinés à ramener la situation à la normale ou des plans d'intervention destinés à ramener à des niveaux acceptables l'exposition de la population.

particulières de chaque accident. L'AIEA, dans ses Normes fondamentales de radioprotection, précise :

> «Le plan d'urgence doit s'appuyer sur une étude des conséquences radiologiques des rejets radioactifs faisant suite à un accident de référence. Il doit toutefois être suffisamment flexible pour pouvoir s'adapter à la situation réelle, qui différera le plus souvent de celle de l'accident de référence».

L'ANALYSE DECISIONNELLE doit reposer sur le souci de réduire le détriment(*) subi par des personnes du fait du rejet, effectif ou potentiel, de substances radioactives dans l'environnement. Le seul moyen d'atteindre cet objectif consiste à prendre des mesures correctives qui peuvent comporter leurs propres risques pour la santé et leurs propres coûts sociaux; elles se justifieront si la comparaison de la réduction des expositions avec le risque accru sur le plan du coût social et du dommage physique se solde par un avantage net.

Le système de limitation des doses, recommandé par la CIPR pour les expositions résultant d'un fonctionnement normal, ne s'applique pas aux accidents. En cas de situation anormale, la Commission a formulé cette déclaration générale, relative aux interventions [1].

> «La forme d'intervention qui conviendra pour limiter l'exposition anormale des membres de la population dépendra des circonstances. Toutes les mesures de protection qui peuvent être prises pour réduire l'exposition des individus après le rejet accidentel de matières radioactives s'assortissent d'un certain détriment pour les personnes concernées, qu'il s'agisse d'un risque de santé ou d'une perturbation du contexte social. La décision de prendre des mesures de protection doit s'appuyer sur la comparaison entre le détriment dont elles s'assortissent et la réduction de l'exposition qu'elles permettent d'obtenir. L'ampleur du détriment causé par les mesures de protection peut varier selon leur nature et selon les circonstances dont elles s'accompagnent, par exemple l'effectif de la population concernée. D'autre part, leur efficacité dépend de la rapidité avec laquelle on peut les mettre en œuvre. C'est pourquoi il n'est pas possible de fixer des seuils d'intervention généralement applicables, au-dessus desquels une intervention s'imposerait dans tous les cas. Toutefois, il serait éventuellement possible de fixer des seuils au-dessous desquels une intervention ne serait généralement pas considérée comme justifiée. Les seuils d'intervention dépendent des

---

(*) La CIPR définit [1] le détriment subi par une population comme l'espérance mathématique du dommage résultant d'une exposition à des rayonnements, compte tenu non seulement de la probabilité d'effets délétères de chaque type, mais aussi de leur gravite. Parmi ces effets délétères figurent à la fois les effets sur la santé et les autres.

Moyens à mettre en œuvre en cas d'accident nucléaire

J.C.Nenot

1 - Principes généraux

La meilleure parade contre un accident survenant dans une grosse installation nucléaire, tel un réacteur de puissance, relève à coup sûr de la prévention. Cependant, partant du principe qu'aucune installation ne peut être sûre à 100% et que la sûreté s'exprime en termes probabilistes (les installations sont dimensionnées pour les accidents prévus dans les scénarios de telle façon que les accidents graves aient des probabilité d'occurrence extrêmement faibles et que cette probabilité soit en fait inversement proportionnelle à la sévérité), il convient d'être préparé à un accident, par essence toujours possible. Cette préparation doit obéir à certains principes qui ont été clairement définis par les Organisations Internationales compétentes en la matière, comme la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR), l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA), l'Organisation de Coopération et de Développement Economiques (OCDE), etc... [1-6]. Les principes concernent le plan d'urgence lui-même et le système d'analyse décisionnelle.

Le PLAN D'URGENCE doit être conçu de façon à répondre à un large éventail d'accidents possibles, et non pas simplement à un petit nombre d'accidents typiques. Chaque type d'accident peut avoir ses conséquences propres, à la fois par leur nature et leur degré, mais on ne peut retenir dans le plan aucune séquence unique d'évènements. La sélection des accidents, aux fins d'élaboration du plan, doit être vaste, allant de ceux qui n'appellent aucune mesure hors du lieu de l'accident lui-même, du fait qu'il n'aura vraisemblablement pas de conséquences importantes hors de ce lieu, jusqu'à ceux qui ont de graves conséquences extérieures, si improbables soient-elles. Le degré de détail du plan d'urgence va de pair avec la probabilité d'accident Le plan doit également tenir compte de la composition la plus vraisemblable, en radionucléides, des rejets éventuels provenant de la centrale. En tout état de cause, il doit être adaptable, de façon à pouvoir répondre aux conditions

MORT[1] PAR ACCIDENTS ET CATASTROPHES

(analyse mondiale comparée)

évènement	(2)	morts/an a/c	morts a	période b	ans c	nombre d	morts/évèn[2] a/d
route (acc de la)	acc	300.000	(Maroc 2 230 morts/an = 7,5 % = 20 e rang mondial)				
seismes	cat	21.045	1 747 000	1902-85	83	164	10.650
inondations[3]	cat	67.080	2 287.900	1949-83	34	64	69.850
volcans	cat	865	86 300	1883-83	100	8	10.800
aériens	acc	845	19 400	1962-85	23	646	30
barrages (rupture)	cat	660	37 000	1923-79	56	13	2.850
minières	cat	195	10 750	1910-65	55	38	280
chemins de fer	acc	190	6 700	1950-85	35	84	80
naufrages	acc	180	6 400	1950-85	35	80	80
explosions	cat	170	11 400	1917-84	67	39	300
incendies	cat	130	10 700	1900-83	83	54	200
nucléaires	acc	1	37[4]	1945-86	41	9	5
(3) dont la Chine	cat	64.500	2.200 000	1949-83	34	33	67.000

(1) portion mineure des victimes

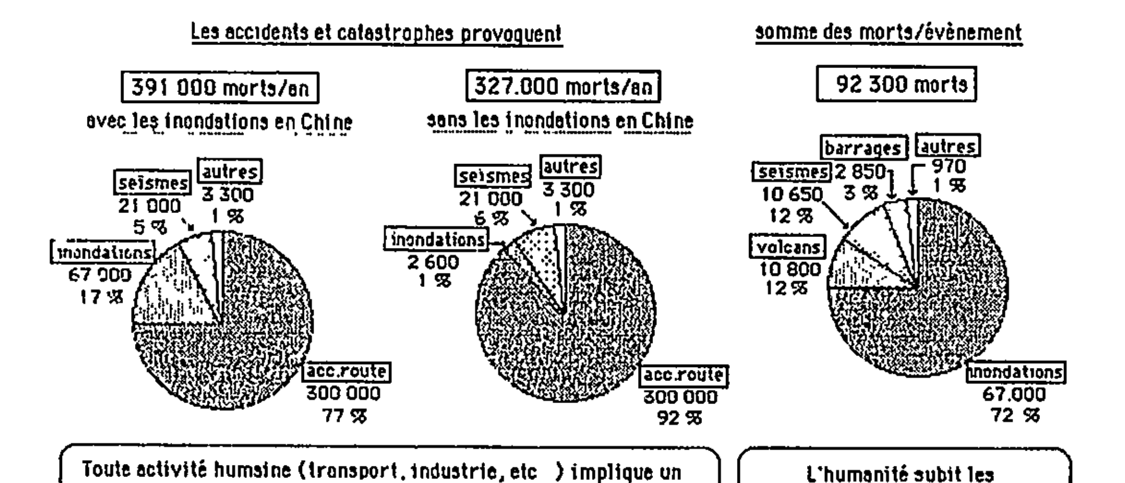
(2) abréviations

- acc accident
- cat catastrophe
- évèn. évènement (acc ou cat.)

(4) dont 29 à Tchernobyl. Si la statistique prenait en compte les décès survenant en 5 ans (au lieu de 3 mois, max),

\+ 300 victimes atteintes gravement
\+ 5 200 victimes qui mourront par cancer

5.525 morts, soit 5 525/évènement ou 120/an



Toute activité humaine (transport, industrie, etc) implique un risque d'accident.
Les accidents de transport constituent 77 % des morts, chaque année

L'humanité subit les catastrophes naturelles qui demeurent les plus meurtrières

(ANNEXE 2)

UNITES TRADITIONNELLES ET INTERNATIONALES EN MATIERE NUCLEAIRE

Quantite physique	Unite	Symb	Syst *	Definition	Equivalence
activite	becquerel	Bq	SI	activite d'une quantite de nucleide dont le nombre de transitions nucleaires spontanee par seconde est egal a 1	$1 Bq = 2,7 \times 10^{-11} Ci$ = 27,0 pCi $= s^{-1}$
	curie	Ci	ST	activite de 1 gr de radium	$1 Ci = 3,7 \times 10^{10} Bq$ = 37 GBq
dose d exposition (effet physique dans l air)	coulomb /kg	C/kg	SI	correspond a l ionisation de 1 kg d air sous l'effet des rayonnements X et gamma telle que la charge produite soit de 3876 roentgens	1 C/kg = 3876 R = 3,876 kR
	roentgen	R	ST	idem, mais avec changement d unite $2,58 \times 10^{-4}$ coulomb (c)	$1 R = 2,58 \times 10^{-4} c/kg$ = 258 µC/kg
dose absorbee (effet physique dans la matiere)	gray	Gy	SI	dose absorbée dans un élement de matiere de masse 1 kg auquel les rayonnements ionisants communiquent de façon uniforme une energie de 1 joule Q facteur de qualite	1 Gy = 100 rads = 1 J/kg Q x Gy = Sv
	rad	rad	ST	même definition, mais l energie correspondante est de 0,01 joule	1 rad = 0,01 Gy = 10 mGy
equivalent de dose (effet biologique)	sievert	Sv	SI	cherche a mesurer l effet biologique des rayonnements absorbes, en tenant compte d un certain nombre de facteurs, tels que la repartition geométrique des rayonnements auxquels est soumis l organisme = 100 rem	1 Sv = 100 rem
	rem **	rem	ST	idem, mais equivalent a 1/100e Sv	1 rem = 0,01 Sv

* SI Systeme international ST Systeme Traditionnel   ** rem rad equivalent man

MULTIPLES ET SOUS-MULTIPLES

(utilisés pour exprimer une grandeur)

facteur *	prefixe **	symbole ***	facteur	prefixe	symbole
10^{18}	exa	E	10^{-1}	deci	d
10^{15}	peta	P	10^{-2}	centi	c
10^{12}	téra	T	10^{-3}	milli	m
10^{9}	giga	G	10^{-6}	micro	µ
10^{6}	mega	M	10^{-9}	nano	n
10^{3}	kilo	k	10^{-12}	pico	p
10^{2}	hecto	h	10^{-15}	femto	f
10^{1}	deca	da	10^{-18}	atto	a

* par lequel est multipliee l'unite, le nombre 10 est assorti d'un exposant = nombre de zeros qui suivent le chiffre 1
** a mettre avant le nom de l unite ex kilometre
*** a mettre avant le symbole de l'unite ex km

CONVERSION DES CURIES (Ci) en BECQUERELS (Bq)

µCi / mCi / Ci	kBq / MBq / GBq	µCi / mCi / Ci	kBq / MBq / GBq	µCi / mCi / Ci	MBq / GBq / TBq
0,1	3,7	6	22	30	1,11
0,2	7,4	7	259	40	1,48
0,25	9,25	8	296	50	1,85
0,3	11,1	9	333	60	2,22
0,4	14,8	10	370	70	2,59
0,5	18,5	12	444	80	2,96
1	37	15	555	90	3,33
2	74	20	740	100	3,7
2,5	92,5	25	925	125	4,65
3	111				
4	148				
5	185				

R AMBROGGI (1)

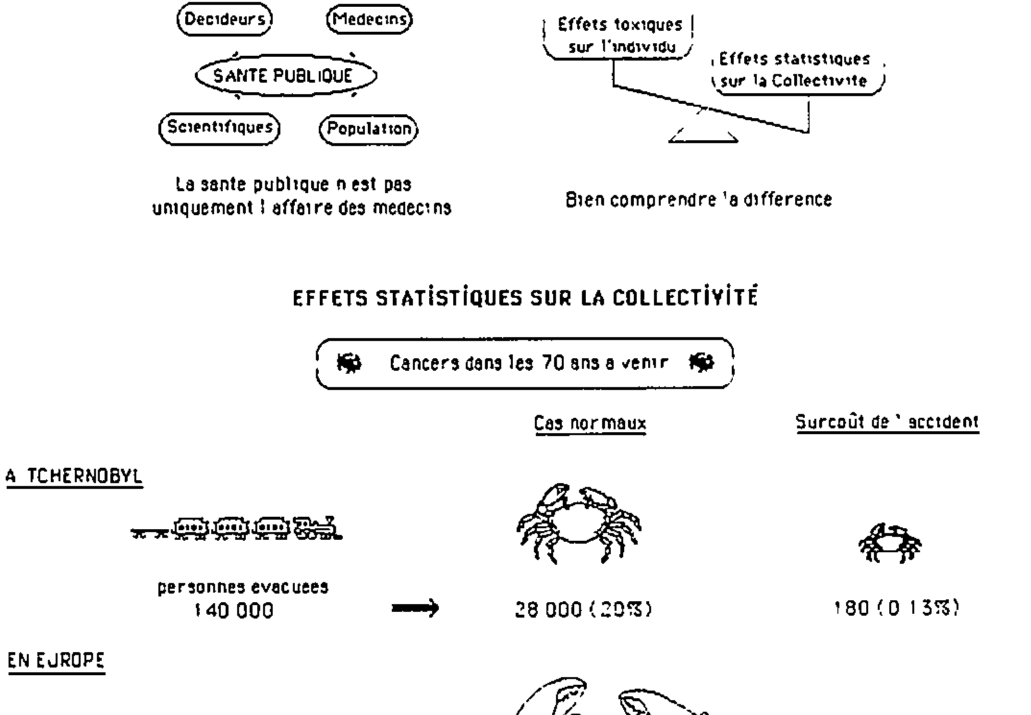
Exemples

0,2 µCi = 7,4 kBq   50 µCi = 1,35 MBq
5 mCi = 185 MBq   50 mCi = 1,85 GBq
20 Ci = 740 GBq   50 Ci = 1,95 Tbq

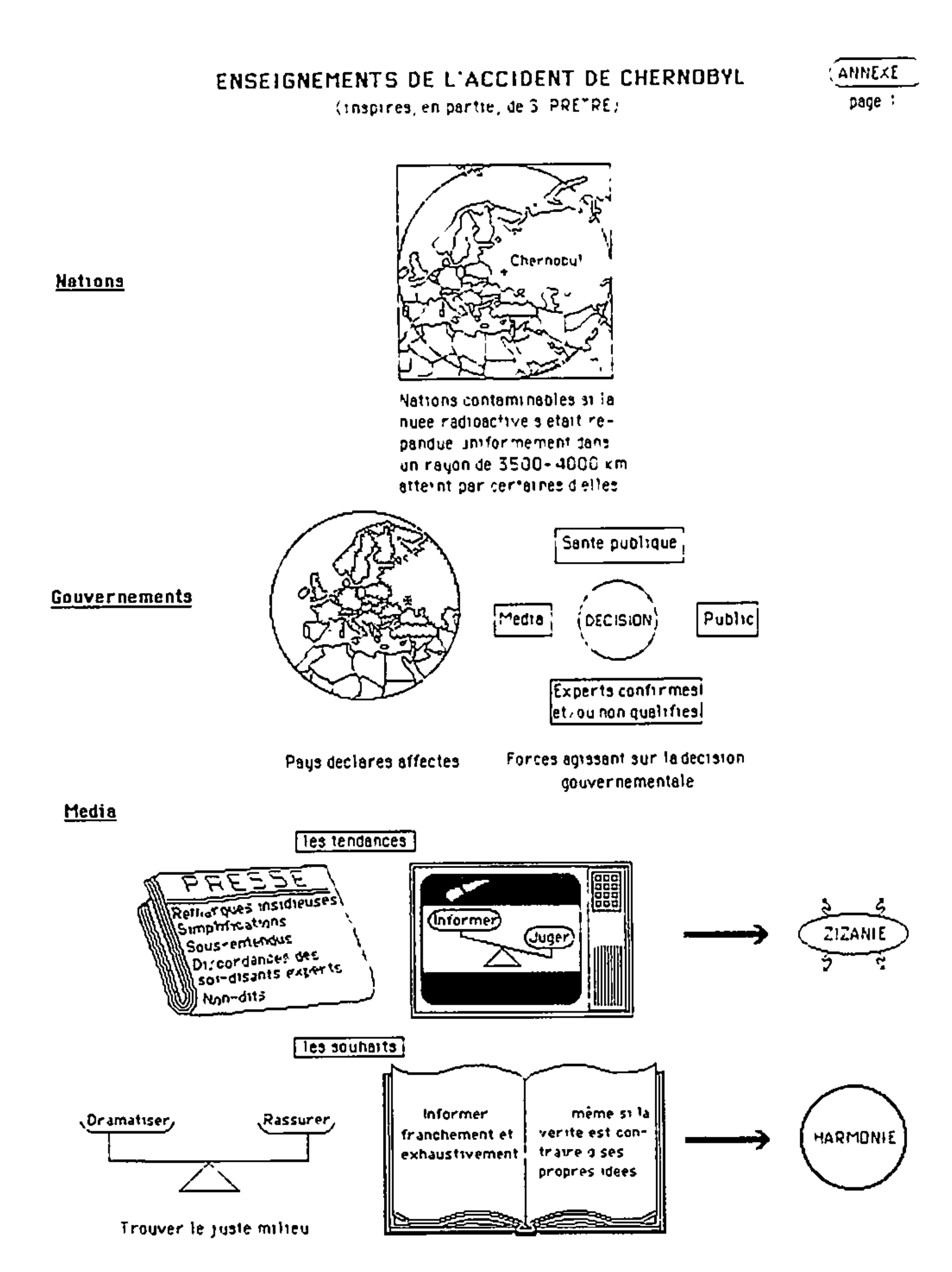
(1) pour la presentation, d apres des documents et informations fournies par M ARNAUD, Nestle Lausanne (Suisse)

* * *





personnes atteintes
75 000 000 → 10 000 000 (13%) 20 000 (0,03%)


ENSEIGNEMENTS DE L'ACCIDENT DE CHERNOBYL
ANNEXE
page :
Nations
Chernobyl
Nations contaminables si la nuee radioactive s etait repandue uniformement dans un rayon de 3500-4000 km atteint par certaines d elles
Gouvernements
Sante publique
Media
DECISION
Public
Experts confirmes et/ou non qualifies
Pays declares affectes
Forces agissant sur la decision gouvernementale
Media
les tendances
PRESSE
Remarques insidieuses
Simplifications
Sous-entendus
Discordances des soi-disants experts
Non-dits
Informer
Juger
ZIZANIE
les souhaits
Dramatiser
Rassurer
Trouver le juste milieu
Informer franchement et exhaustivement
même si la verite est contraire a ses propres idees
HARMONIE

Recommandations

Le rôle de l'eau en cas d'accident nucléaire devrait faire l'objet de l'une des treize propositions de collaboration mentionnées ci-dessus, en s'inspirant de quelques réflexions contenues dans ce document. Sinon, le sujet constituerait une quatorzième proposition. Une telle proposition devrait émaner du groupe d'organisations internationales traitant habituellement de l'eau : AIEA, BIRD, FAO, OMM, OMS, PNUD, PNUE, UNESCO. Le PNUD semble le mieux préparé pour assumer la coordination de l'action.

...Choisir, le cas échéant, des sites à l'embouchure des oueds,
...Au besoin, construire en amont un barrage qui assure le débit de refroidissement nécessaire en tout temps,
...Identifier la présence d'une nappe phréatique et, dans l'affirmative, vérifier qu'elle s'évacue rapidement à la mer et ne présente aucun danger en cas de contamination radioactive.

Situation internationale

Coopération avant Tchernobyl

Avant Tchernobyl, il n'existait aucun système de protection ni même de convention sur les mesures à prendre en cas d'accident nucléaire de portée internationale du type de Tchernobyl. Et, pourtant, une Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA) fonctionne à Vienne (Autriche) depuis 30 ans, forte de 113 pays membres dont l'URSS et de 1000 fonctionnaires. On peut citer, également.

...Agence pour l'Energie Nucléaire de l'OCDE. Paris - Comité de protection radiologique et de santé publique.
...International Commission on Radiological Protection (ICRP)

Conventions internationales consécutives à Tchernobyl

Une calamité est un moment de grande opportunité (proverbe chinois)

En Août 1986, cinq mois après Tchernobyl, deux conventions internationales préparées en 3 semaines par l'IAEA, étaient signées :

...1re Convention (signée par 63 pays et l'URSS, ratifiée par 10 pays) :
Notification rapide et sans délai d'un accident nucléaire aux pays voisins :

...2e Convention (signée par 62 pays et l'URSS, ratifiée par 17 pays) :
Assistance en cas d'accident nucléaire ou de situation d'urgence radiologique.

...Accords supplémentaires

Les mêmes pays réunis à Vienne en Août 1986, ont établi une liste de 13 propositions de collaboration sur des sujets techniques et médicaux.

Conséquences immédiates

L'AIEA a obtenu une augmentation de crédits, qui se traduira aussitôt par un accroissement du nombre de fonctionnaires pour élargir son programme dans le domaine de la sûreté, conférences ou colloques (300 réunions d'experts pour la seule année 1987)..... Un processus déjà pratiqué par d'autres Agences après la grande famine du Sahel.

...Préparer et entraîner spécialement le Service de la Protection Civile, dans l'éventualité d'un accident nucléaire et notamment :

- déterminer les normes alimentaires de radioactivité,
- procéder à une étude des dangers,
- publier les sites considérés comme dangereux,
- établir un plan particulier d'intervention,
- diffuser ce plan auprès des Collectivités Locales,
- disposer d'excellents moyens de transmission.

Au plan technique

...Disposer au niveau provincial et local, d'un **fichier de points d'eau** permettant l'identification immédiate des forages existants qui exploitent en profondeur des nappes captives, isolées de la nappe phréatique.
...Sur le site d'une centrale nucléaire et au voisinage des centres urbains compris dans un rayon de 100 km, exécuter des sondages assez profonds pour exploiter, en cas de besoin, une nappe aquifère captive, à l'exclusion de toute nappe phréatique. Entrer le coût des sondages profonds dans les dépenses de construction de la centrale.

Choix du site des centrales nucléaires

Ce document rend compte du rôle capital de l'eau en cas d'accident nucléaire. Mais, ce rôle de l'eau commence avec le choix du site; car, l'eau est un critère important pour le refroidissement indispensable dans une telle industrie. Cet usage important de l'eau pour l'industrie, en général, peut être satisfait par l'eau douce ou l'eau de mer. Dans le cas de l'énergie nucléaire, l'eau de mer est écartée à cause de son pouvoir de corrosion sur la «plomberie», une des parties les plus fragiles des centrales nucléaires, cause de nombreux incidents. L'eau douce, privilégiée dans le choix, doit garantir un flux important et renouvelé. Seuls, fleuves et rivières remplissent ces conditions[*]. Le rejet de l'eau crée une pollution thermique du cours d'eau. Mais, le plus grave danger demeure le cas d'accident où le rejet devient radioactif avec de redoutables conséquences (pp.12-13).

Plus grave encore, un cours d'eau en plaine surmonte le plus souvent une nappe phréatique et communique avec elle. Il y a fort à parier que la plupart des centrales nucléaires existant dans le monde ou en construction (540 en 1987) reposent au-dessus d'une nappe phréatique. Le choix des sites des futures centrales et les mesures de sécurité devront tenir le plus grand compte de l'expérience de Tchernobyl liée à la présence d'une nappe phréatique.

Dans le cas du Maroc qui possède un long littoral, une solution est préconisée :

(*) l'eau attire les collectivités, au même titre que l'industrie. C'est pourquoi la plupart des réacteurs nucléaires sont construits dans des régions relativement peuplées

...Pour la ville de Kiev, un nouveau système d'adduction d'eau fut mis en place en toute hâte. Il consiste en 2 conduites jumelées et longues de 7 km amenant l'eau de la rivière Desna, située hors d'atteinte des poussières radioactives (rayon de 40 km autour de Tchernobyl). La Desna vient de l'Est (fig.6) et se jette dans le Dniepr au sud du réservoir artificiel de Kiev, source d'alimentation en eau de la ville; ce réservoir de 92.000 ha est exclu de tout usage pour de nombreuses années car il est fortement contaminé par la rivière Pripyat qui baigne Tchernobyl. Cette nouvelle adduction qui comporte tunnels, siphons, ponts, routes, s'effectua avant l'automne 1986 qui marque l'arrivée des fortes crues.
...La rivière Pripyat a été endiguée sur 20 km de long, afin d'empêcher le ruissellement sur sol radioactif, après les pluies, d'atteindre la rivière.

Hors de l'URSS, l'évaluation reste à faire.

MESURES A PRENDRE

En principe, toute nation utilisant l'energie nucléaire possède un système de protection pour les situations contrôlées intervenant sur le territoire national ou en pays voisin (accords bilatéraux de système d'alerte).

Par contre, aucune nation ne possède un second système de protection pour les situations accidentelles intervenant au loin. Dans ce cas, chaque nation se trouve en situation intermédiaire, en l'absence d'un accord international en la matière.

Situation nationale et cas du Maroc en particulier

Au plan institutionnel

...Insérer les régles essentielles à la sécurité nucléaire, dans le cadre d'une loi sur la prévention des risques majeurs et sur l'organisation des secours en cas de catastrophe,
...Rendre obligatoire l'information du public,
...Prévoir, en cas de catastrophe, la constitution instantanée d'une cellule de crise comportant notamment des experts confirmés dans les domaines de la météorologie, hydrologie superficielle et souterraine,
...Déclencher le Plan ORSEC/Rad(*) national, revu et corrigé des enseignements tirés de la catastrophe de Tchernobyl,
...Coordonner, sous l'égide du Ministère de l'Intérieur, les opérations de secours et toutes mesures à prendre,

(*) ORSEC : Organisation des SECours. Rad. Radiations
Variante du Plan ORSEC contre l'irradiation et la contamination radioactives accidentelles.

poissons; au point que la concentation en iode 131 de l'eau de robinet ne dépassa pas 1 Bq/litre.

En Turquie. La province d'Edirne fut particulièrement affectée.

En Allemagne de l'Ouest. Des pluies torrentielles s'abattirent sur le Sud affectant en particulier la région de Munich où le cœsium 137 domina avec des pointes à 40.000 Bq/m².

En Yougoslavie. La recommandation du Gouvernement consista à faire laver soigneusement à l'eau de robinet tous les légumes à feuilles vertes et à en interdire la consommation aux femmes enceintes et aux enfants au-dessous de 15 ans.

Au Canada. Un des 3 réservoirs approvisionnant en eau potable la ville de Vancouver fut fermé et mis hors circuit car il contenait un taux anormal de radioactivité attribuée à l'accident de Tchernobyl (?). Certains prétendirent que la nuée radioactive de Tchernobyl avait effectué le tour de la planète.

POUR MEMOIRE

Les tests d'explosions atomiques par les grandes puissance (1956-62) provoquèrent, dans les mêmes régions d'Europe, un dépôt de 5000 Bq/m²

EVALUATION ECONOMIQUE DE L'ACCIDENT DE TCHERNOBYL

En URSS, la réparation des dommages provoqués par l'accident nucléaire est évaluée à trois milliards de dollars (2,8-3,3 selon les sources)(*) par les autorités soviétiques. Citons les dommages les plus marquants et les substituts nécessaires :
...7.000 puits scellés hermétiquement dans la région de Bragin (80 km au Nord de Tchernobyl). Ils servaient à l'approvisionnement en eau domestique et pouvaient contaminer certains réseaux de distribution en Ukraine.
...Dans la région de Kiev (90 km. au Sud), les fabriques de produits alimentaires, les boulangeries et les usines de conditionnement de lait eurent l'obligation de forer des sondages profonds de 150-300 mètres pour satisfaire leurs besoins d'eau. Ainsi, 50 à 60 forages artésiens furent exécutés en 3 mois. Ils tirent l'eau de couches aquifères captives, sous-jacentes à la nappe phréatique et séparées de celle-ci par une épaisse couche d'argile imperméable. L'alimentation naturelle de cette eau captive s'effectue à des centaines de km de distance.

(*) des milliers d'animaux abattus, 10 millions de tonnes de céréales détruites, décontamination des immeubles, rues, sols agricoles, etc...

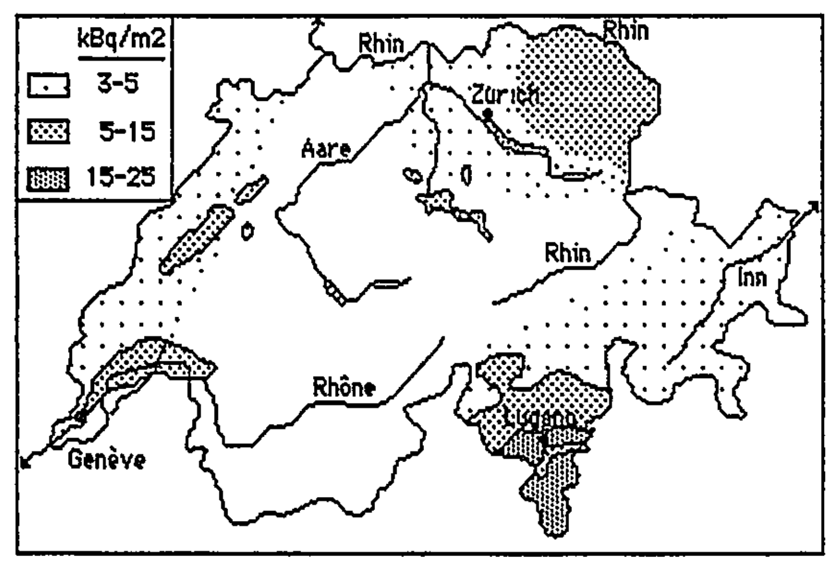


Fig.15 Distribution du dépôt de cœsium - 137

Les mesures, prises sous forme d'avis à la population, concernaient :

action directe de l'eau :

...éviter de boire de l'eau de pluie jusqu'au 12 Mai (Tchernobyl : 26 Avril)

action indirecte de l'eau :

...éviter la consommation de fromage de brebis jusqu'au 27 Mai
...éviter la consommation de lait de vache (surtout par les femmes enceintes), de légumes et de viande locale de mouton jusqu'au 15 Mai
...pour le Tessin, Canton méridional de la Suisse particulièrement affecté, la consommation de lait de brebis (surtout par les femmes enceintes) et de viande de mouton fut déconseillée jusqu'au 1er Septembre 1986.
Le lac de Lugano, contaminé par la radioactivité jusqu'à 20 m. de profondeur, est fermé et interdit à tout usage, y compris la pêche.

En Grande Bretagne. La radio-activité déposée au sol par la pluie s'avéra dix fois plus importante en Ecosse et dans le Nord de l'Angleterre que dans le Sud.

	Eau de pluie (Bq/l)	
	Sud Angleterre	Nord Angleterre et Sud Ecosse
Iode-131	100	5.000 (extrême: 9.400)
Cœsium-137	50	300

Après dilution par les cours d'eau et dans les réservoirs, ces teneurs baissèrent rapidement et présentèrent peu de danger pour les humains et les

En URSS. La contamination radioactive affecte :

...Plusieurs rivières ukraniennes (Dniepr et ses affluents) et le lac artificiel de Kiev (fig.6).
...Le Dniepr traverse plusieurs réservoirs artificiels avant de se jetter dans la Mer Noire. Des millions d'habitants dépendent de ce fleuve pour leur alimentation en eau et notamment les grands centres; Kiev, Cherkassy, Kremenchuk, Dnepropetrovsk, Zapopozhye (fig.5).
...le sol (humidité du), le cheptel et les cultures sur 500.000 ha.
...La concentration en iode-131 de l'eau prise au robinet mesurait :

Villes	Becquerels/litre
Kiev	40
Moscou	3-5

Les mesures prises à propos de l'eau :

...avis à la population de ne pas boire l'eau de pluie,
...mise hors-circuit et fermeture du lac artificiel de Kiev,
...construction au bord de la rivière Pripyat, affluent du Dniepr et du réservoir de Kiev de petites digues pour empêcher le ruissellement radioactif d'atteindre le cours d'eau (fig.7),
...congélation de la nappe phréatique sous le réacteur détruit (fig.7),
...les eaux d'égouts de la ville de Kiev sont retenues dans des bacs pour être filtrées et ne sont toujours pas rejetées dans le Dniepr, plus d'un an après la catastrophe.

Dans les pays voisins

concentration de l'iode-131 dans l'eau de robinet (début mai 1987)

Nation	Becquerels/litre (max.)
Bulgarie	10
Pologne	110
Tchécoslovaquie	10
Hongrie	8
Roumanie	3

Dans certaines régions de Pologne, des tablettes d'iode furent distribuées à la population, surtout pour les enfants.

En Suisse. La contamination radioactive au sol par le truchement des précipitations se distribua à la périphérie du territoire (fig.15) :

En conditions normales (probabilité: 80%), la vapeur d'eau contaminée à Tchernobyl devait aller vers l'est. Le hasard météorologique en a voulu autrement.

Au moment de l'accident, les vents soufflaient au nord-ouest; puis, ils soufflèrent vers le sud-ouest; ensuite, l'auteur ignore.

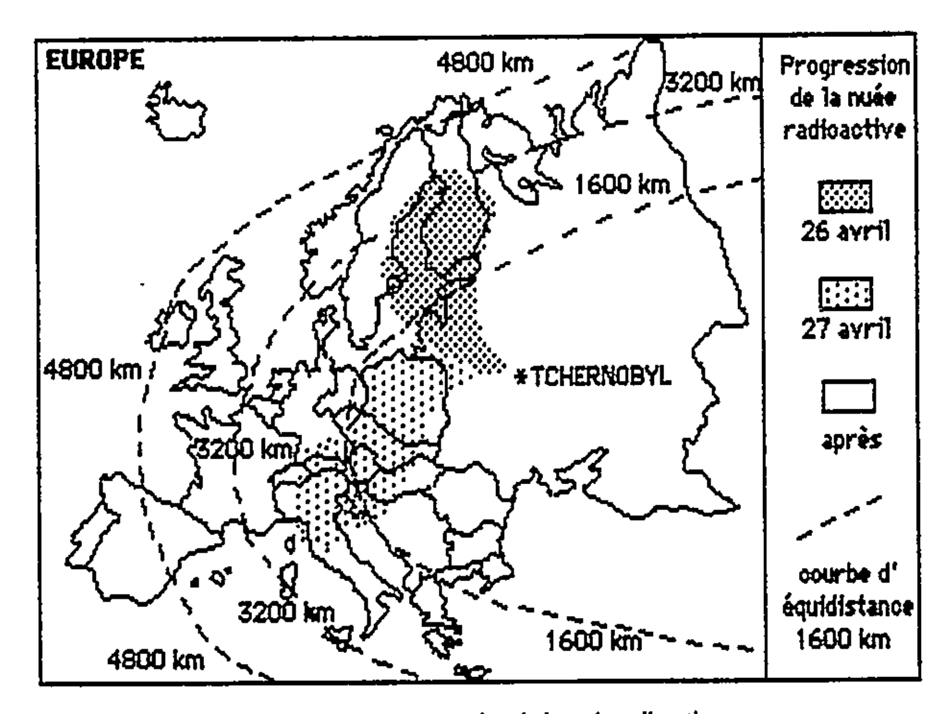


Fig.14 Progression et extension de la nuée radioactive

Tout au plus, peut-il dire que, dans une première phase (26-30 avril), la circulation atmosphérique s'effectua vers l'ouest; dans une deuxième phase (1-5 mai), la circulation normale vers l'est reprit le dessus. Ainsi, les effets nocifs s'étendirent et se répartirent inégalement sur l'Europe du Nord, de l'Ouest et de l'Est.

L'inégalité de distribution dépendit de la direction et de la vitesse des vents qui poussèrent les nuages, et des conditions qui provoquèrent leur condensation et précipitation. D'après les données de la fin avril, il est possible de reconstituer les mouvements des nuages et de la nuée radioactive émise dès le samedi 26 avril. Il conviendrait que des experts qualifiés étudient la géographie de ces effets et leur longévité, d'abord au niveau national, mais surtout au niveau international sous l'égide d'un organisme approprié tel que l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA).

Normes alimentaires de radioactivité

Des 3 dangers : irradiation, inhalation, ingestion, provoqués par l'accident de Tchernobyl, l'ingestion est le plus grave. L'unité la plus employée est le becquerel/kg (Bq/kg) de produit alimentaire :

valeur fixée par la CEE : 370 Bq/kg (compromis sans base technique).
valeur fixée par l'Australie : 100 Bq/kg
valeur jugée acceptable pour la viande : jusqu'à 5.000-6.000 Bq/kg.

En principe, la valeur à fixer au niveau national dépend de données complexes, car chaque nucleïde agit différemment sur les divers organes du corps humain et possède une valeur dans chaque cas. Des spécialistes peuvent accomplir une étude impartiale et rigoureuse qui fixerait un seuil ou une fourchette de nombres-limite, par ex... 100-150, 172-225 Bq/kg, etc....

En fin de compte, l'élément politique l'emporte et détermine une norme où le souci économique intervient.

EFFETS DE L'EAU APRES L'ACCIDENT DE TCHERNOBYL

Les données sont rares. Cependant, le transport global de la vapeur d'eau par la circulation atmosphérique en valeur moyenne annuelle est connue depuis 1958(*) sous forme de poids de vapeur d'eau (en grammes par mètre-cube d'air), direction et vitesse de circulation (en centimètres par seconde).

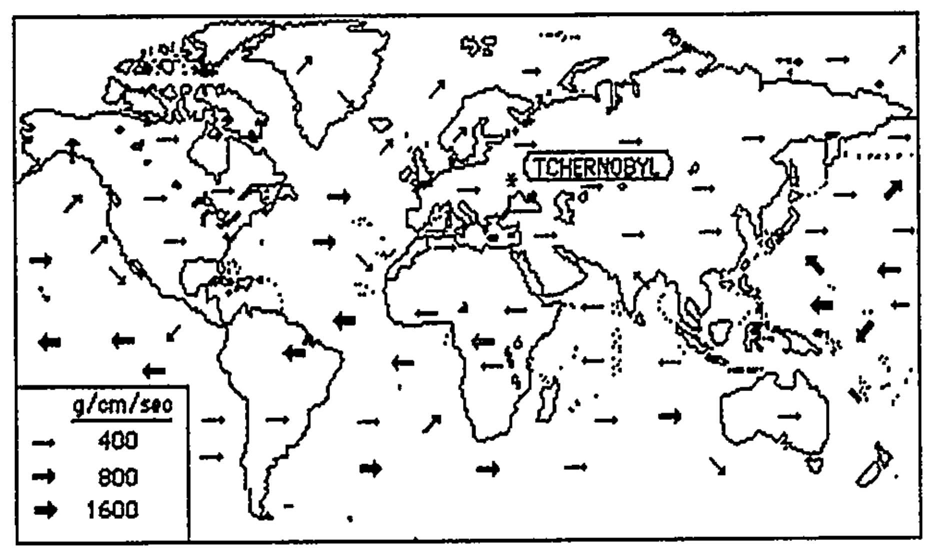


Fig.13 Circulation globale de la vapeur d'eau
(g : gramme par m³ d'air; cm/sec = 36m/heure < 1 km/jour)

(*) étude de José P.Peixoto publiée par l'auteur et M.Ali Kettani, Scientific American, Avril 1973.

que la vache, chèvre, brebis, qui broute cette herbe, etc...; cas les plus frappants : moutons, rennes; pour ces derniers qui broutent des lichens sur de grandes étendues, la teneur atteint 80.000 becquerels par kg de viande, alors que la valeur acceptable est de 5.000-6.000, dépassée pour le mouton en divers points d'Europe. Mais les animaux éliminent la radioactivité en moins d'un mois.

Chaine alimentaire de l'homme et coefficients de transfert

Les aliments représentent l'incorporation presque exclusive(*) des radionucleïdes à vie longue : cœsium-137 et strontium-90, déposés par les aérosols (humidité de l'air) et les précipitations dans le sol qui les accumule. La chaîne alimentaire commence avec les aérosols de l'air; elle comporte les maillons :

...air → précipitations → sol → plantes → homme, avec une variante :
...air → précipitations → sol → herbe → animal: lait, viande → homme

La liaison de radioactivité entre les maillons (flèche) s'appelle un **transfert** et se **traduit par des coefficients de transfert**; leur connaissance permet d'estimer les activités attendues dans les denrées alimentaires et le corps humain à partir des concentrations de la radioactivité dans la terre, l'herbe et les autres plantes. L'incorporation maximale par la nourriture (1963-64 : pointe des explosions atomiques) provoqua une teneur en cœsium-137 du corps de 1.100 Bq pour les hommes et 500 Bq pour les femmes, correspondant à un débit de dose de 40 uSv/an pour les hommes et 25 uSv/an pour les femmes.

Une surveillance de 25 ans en Suisse (1957-82) permit d'établir des coefficients de transfert indiqués dans le tableau ci-après :

COEFFICIENTS DE TRANSFERT

Transfert	Nucleïde	Coefficient de transfert
Air → précipitations	Cs-137 Sr-90	500 Bq/l de précipitations par Bq/m³ d'air
Précipitations → sol	Cs-137 Sr-90	600-2000 Bq/m² de sol par Bq/l de précipitations annuelles (=mm/an)
Air → sol	Cs-137/Sr-90	vitesse de dépôt = 1-3 cm/sec.
Sol → lait	Sr-90	1-2 mBq/l de lait/37 mBq/kg terre
Herbe → lait	Cs-137	1-3 mBq/l de lait/37 mBq/kg herbe

(*) L'incorporation par respiration (20 m3/jour d'air) et boisson (2 l/j d'eau) reste négligeable.

réservoir de la nappe phréatique

L'infiltration vers la nappe procède suivant deux voies (fig.12) :

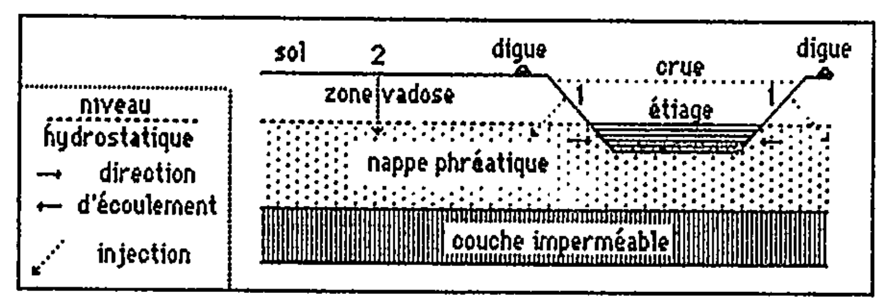


Fig.12 Voies d'infiltration vers la nappe phréatique

...injection par le cours d'eau en période de crue (action majeure)
...percolation à travers le sol et la zone vadose.

La contamination radio-active dans la nappe phréatique représente un mal très long à guérir à cause du temps de résidence. Il est fonction de la vitesse d'écoulement de l'eau dans son milieu naturel.

	vitesse d'écoulement	temps de résidence pour un parcours de :		
	(km/jour)	10 km	100 km	1.000 km
cours d'eau	25-100	3-10h	1-4j	10-40j
lac naturel	0,04-0,15	70-250j	2-7 ans	20-70 ans
nappe phréatique	0,001-0,01	3-28 ans	28-275 ans	280-2750 an

Action indirecte

Au niveau du premier réservoir souterrain d'humidité du sol, deux transferts interviennent : les plantes et les animaux.

plantes

Par le truchement de l'humidité du sol, la pluie est la plus importante irrigation des plantes : forêt : 100%, pâturages : 100%; cultures : 87% (l'homme en irrigue 13%). La radioactivité dans l'herbe et les plantes provient, en partie, de l'absorption à partir du sol, intégrateur des radionucleïdes à longue période et, en partie, de ce qui se dépose de l'air.

animaux

Les herbivores se nourrissent au pâturage dépendant à 100% de la pluie. L'accident de Tchernobyl intervint au printemps; l'herbe était courte; la superficie pâturée par l'animal fut d'autant plus grande. La viande concentre la radioactivité; cette concentration est proportionnelle à la surface pâturée. Il se produit un phénomène de bio-amplification : l'herbe contiendra 10 à 1000 fois plus de cœsium que le sol sur lequel elle pousse; le lait 10 à 1000 fois plus

infiltration

En s'inflltrant, l'eau occupe, dans l'ordre, deux réservoirs :
...le sol, où elle constitue l'humidité du sol (soil moisture),
...la nappe phréatique surmontant une couche imperméable.

réservoir d'humidité du sol

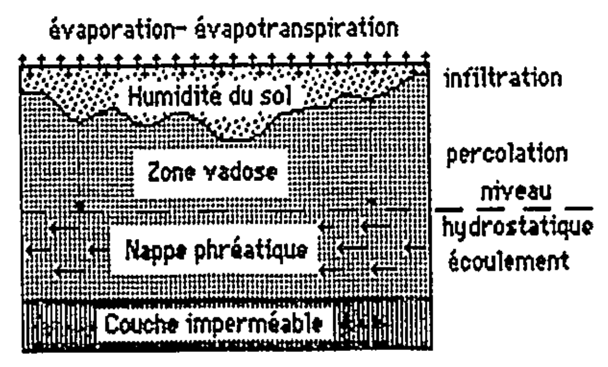


Fig.10 Mouvement de l'eau dans le sous-sol

Le sol constitue les terres arables; son épaisseur varie (fig.10), de même que sa structure. L'eau irradiée occupe les vides entre les grains (fig.11); ces vides forment 5 à 40% du volume du sol; l'eau s'y établit en priorité

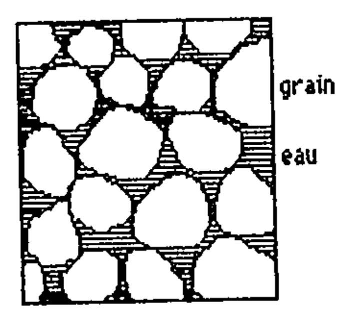


Fig.11 Structure du sol

pour devenir l'**humidité du sol** qui représente le premier réservoir d'eau souterraine où la radioactivité se logera en priorité. Ce réservoir est directement exploité par les plantes. Dans ce réservoir, la circulation de l'eau s'opère à la verticale : remplissage par gravité, vidange par l'évapo-transpiration des plantes ou l'évaporation sur sol nu. Le temps de résidence de l'eau dans le sol varie de quelques jours à quelques mois suivant les conditions climatiques.

1re phase : de fines particules d'eau qui forment un **aérosol** (humidité de l'air) se chargent au cours de l'ascension de l'émission radioactive,

2e phase : les nuages constituent un réservoir d'eau qui joue le rôle d'accumulateur; la chaleur émise aide à leur formation.

3e phase : en se déplaçant dans l'atmosphère, le nuage balaye sur son chemin et se charge de l'aérosol radioactif rencontré,

4 phase : le nuage se condense; les gouttes de pluie et les flocons de neige déjà radioactifs se chargent encore au cours de leur descente de l'aérosol rencontré sur leur passage.

Au sol et en sous-sol

Les précipitations contaminent le sol; là, les vecteurs deviennent multiples et les facteurs de transfert, plus complexes. L'eau agit, d'abord, directement par ruissellement et infiltration; ensuite, indirectement par les plantes et les animaux.

Action directe

ruissellement

Après avoir touché le sol, la pluie radioactive subit un double sort :
le réseau hydrographique en collecte une partie proportionnelle à l'imperméabilité du sol; le reste s'infiltre dans le sous-sol.

Le réseau hydrographique joue un double rôle de dilution de l'eau radio-active puis de re-concentration par l'effet collecteur de confluence des cours d'eau (Fig.9).

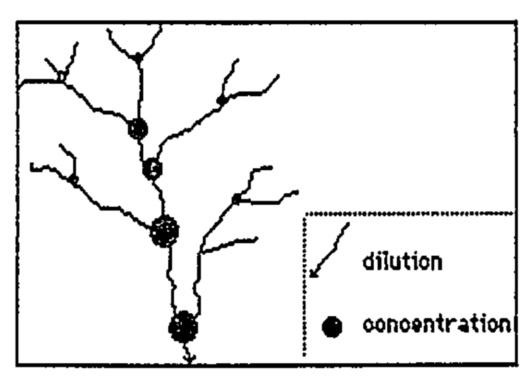


Fig.9 Action du réseau hydrographique

AU LOIN DE TCHERNOBYL

Premier accident nucléaire de portée internationale, l'information demeura confuse tant vers les populations que dans les milieux scientifiques pour de multiples causes. Le mélange des unités de mesure constitue la moins pardonnable; huit unités de mesure (4 traditionnelles + 4 du système internationnal) se partagent les faveurs des uns ou des autres (annexe 2). D'autres causes hors du sujet figurent en annexe 1. Mais, essayons de reconstituer le rôle de l'eau dans cette catastrophe.

L'air et l'eau forment les deux véhicules qui assurent la prise en charge de la radioactivité émise. Premier vecteur, l'air la diffuse et la dilue; mais, laissons aux spécialistes (météorologues, etc...) le soin de reconstituer les phénomènes survenus dans la réalité.

Second vecteur, l'eau concentre sans cesse la radioactivité en procédant par le cycle hydrologique : évaporation, précipitation, écoulement. Pour le public, l'eau commence avec l'écoulement, car l'eau liquide représente un élément fondamental de la vie terrestre pour les plantes, les animaux, les humains.

Mécanisme de concentration de la radioactivité

Au-dessus du sol

L'eau, éminemment conductrice procède à une concentration de la radioactivité en 4 phases schématisées ainsi (Fig.8).

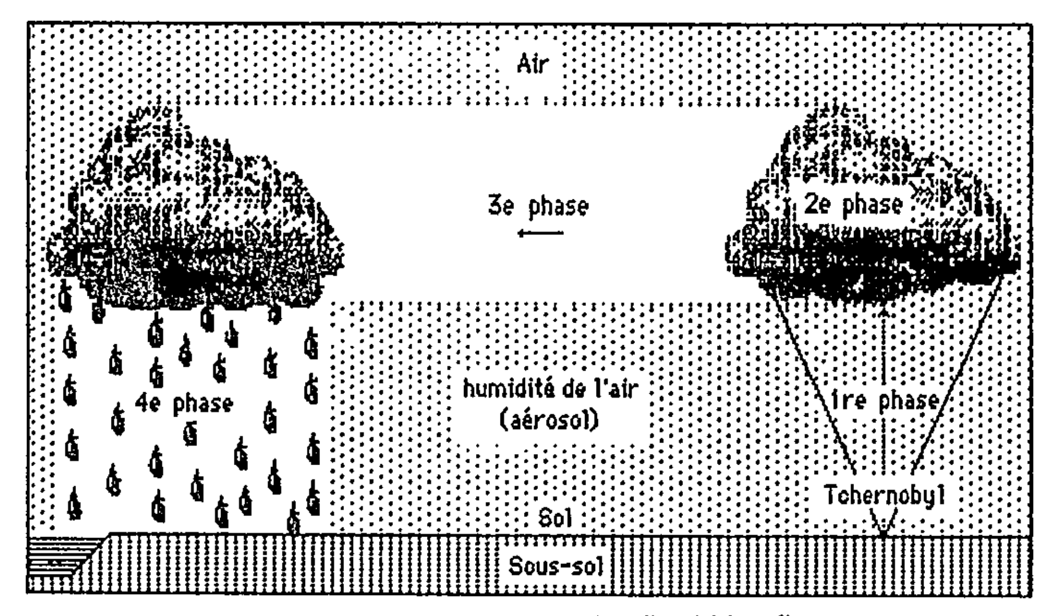


Fig.8 Concentrations successives de la radioactivité par l'eau

Le ruissellement des eaux de pluie lave le sol de ses poussières radioactives et les entraine vers ces pièces d'eau; les techniciens tentèrent d'élever des digues sur les rives du Pripyat pour empêcher cette action. Un tel travail exige du temps; dans quelle mesure réussirent-ils ? Le fleuve Dniepr, dont le Pripyat est un affluent, constitue l'artère maîtresse qui fournit l'eau potable à des millions d'habitants de grands centres urbains (Fig.6). Les radionucleïdes affectent non seulement l'eau, mais aussi les sédiments et matières en suspension, le plancton, les plantes aquatiques, les poissons.

Eau souterraine

La nappe phréatique est partout présente dans cette région, même sous le réacteur. Sa contamination par radioactivité à partir de l'eau de refroidissement infiltrée, s'avère encore plus dangereuse, car son temps de résidence dépasse plusieurs décennies (contre quelques mois pour les fleuves, quelques années pour les lacs articiels et naturels). Les ingénieurs soviétiques tentèrent de réduire la contamination de la nappe en gelant le sol autour du réacteur.

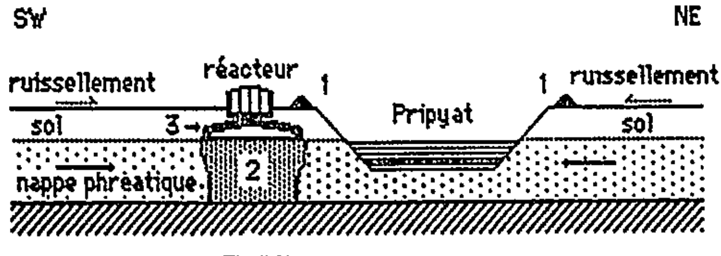


Fig.7 Travaux après l'accident
1 - Digues anti-ruissellement; 2 - portion congelée; 3 - voûte en béton

La portion de nappe phréatique située sous le réacteur fut drainée par pompage; en substitution, un liquide réfrigérant fut introduit par forage afin de former une dalle de sous-sol congelé qui constituerait un obstacle à l'écoulement de la nappe contaminée vers la rivière Pripyat qui la draine (Fig.7)(*). Le coulage d'une voûte en béton destinée, surtout, à renforcer les fondations du réacteur, assure également une étancheité contre l'infiltration verticale de l'eau radioactive; gageons que les ingénieurs aient prévu une rigole de drainage à la périphérie de la voûte.

Eaux usées

En général, l'activité ionisante y est plus marquée que dans l'eau de surface. L'usage de bacs de rétention s'impose; cela semble pratiqué à Kiev, en particulier.

(*) coupe supposée; l'auteur ignore si la dalle congelée atteint le substratum imperméable de la nappe.

ROLE DE L'EAU

AUPRES DE TCHERNOBYL

Dans cet accident nucléaire, la contamination de l'eau par radioactivité provient de 3 sources :

...l'eau contaminée de refroidissement du réacteur gagnant la nappe phréatique (action très concentrée).

...la poussière projetée jusqu'à 1.000 m d'altitude et retombant, pendant 10 jours, sur le sol et les surfaces liquides (action concentrée sur 5.000 km² = 500.000ha),

...la nuée radioactive par l'intermédiaire de la pluie (action étendue à des millions de km² (Fig.4).

Eau de surface

En règle générale, une centrale nucléaire s'implante au bord d'une rivière à flux suffisant pour garantir le constant refroidissement. L'implantation du site de Tchernobyl à la confluence des rivières Pripyat et Uzh, 2km en amont du grand lac-réservoir de Kiev (920 km² = 92.000 ha), crée une situation grave, en cas d'accident. Car la rivière Pripyat et le fleuve Dniepr se jettent dans le réservoir de Kiev qui s'avère fortement contaminé par la retombée directe des poussières radioactives sur les 2 cours d'eau et le lac-réservoir; en outre, une trace radioactive, vers le nord-ouest, marque particulièrement le sol sur 100 × 10 km = 1.000 km².

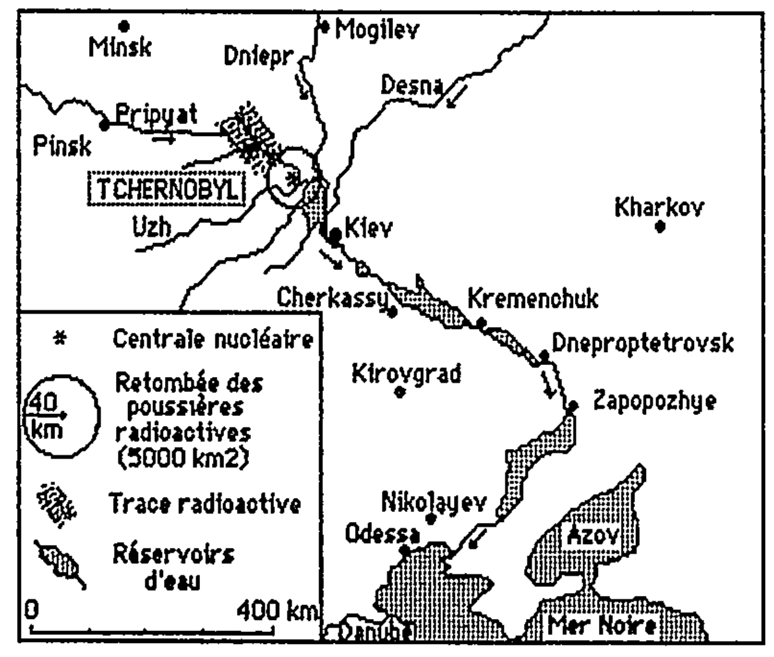


Fig.6 Environnement fluvial de Tchernobyl

dans les maisons, et, plus encore en région granitique; les plus fortes émissions atteignent 0,02-0,03 Sv/an = 2-3 rem/an. Le radon inhalé se dépose dans les alvéoles pulmonaires et provoque le cancer du poumon.

A Tchernobyl : pas de données sur la teneur en **radon** de la nuée.

En Suisse : (à 1.600 km) : la nuée radioactive de Tchernobyl introduisit dans chaque maison suisse le dixième du **radon** y existant par nature. De plus, la nuée de Tchernobyl fut éphémère(*) 10 jours, alors que le **radon-maison** est permanent. Il tue 150 hab/an par cancer du poumon, contre 2.600 par le tabac (6%) et 15.000 pour tous les cancers (1%).

En France : la radioactivité de l'air oscille entre 0,4 et 25 Bq/m³ durant 3 jours (1-3 Mai 1986).

ingestion : par aliments et boisson d'eau contenant les éléments radioactifs : **iode-131** et **cœsium-137.** Ce dernier est éliminé par le corps humain en 50-100 jours (en 20 jours, chez les animaux). L'eau de pluie, l'eau potable et l'eau d'irrigation en constituent les vecteurs directs ou indirects (plantes). C'est l'aspect crucial au plan international, objet essentiel de cette communication.

Remarques

i.Au-dessous du seuil de 200 mSv (20 rems), on ne dispose pas de données épidémiologiques permettant de trancher à propos de la vie d'un homme.

ii.La dose «naturelle» d'irradiation que subit tout humain demeure une constante de 15 et 30 mSv/an (1,5-3 rems/an) suivant les régions.

Conclusions

L'impact radiologique lointain de l'accident de Tchernobyl demeure inquiétant par son étendue, mais hétérogène, voire éphémère dans les zones particulièrement affectées. Globalement, il reste mineur par ses effets toxiques sur l'individu s'il est comparé à d'autres doses de radiations et nuisances subies quotidiennement; quant aux effets statistiques sur la collectivité, il est trop tôt pour les évaluer.

L'impact radiologique rapproché, par contre, semble important. Mais les données concernant l'URSS restent insuffisantes ou ignorées. Pour l'instant, essayons de compenser cette lacune par l'imagination et l'expérience acquise dans le domaine de l'eau, en attendant des révélations ou des publications en la matière. Car, le rôle de l'eau dans un accident nucléaire est si important qu'il mérite un développement spécial.

(*) «L'impact de la nuée radioactive de Tchernobyl sur la santé publique» serait un judicieux sujet de thèse dans les Universités de médecine et de sciences de tous les pays européens affectés.

Danger pour la santé publique

Dangers de la radioactivité

L'OMS (Bureau Européen) identifia dans l'air et au sol 17 radionucleïdes provenant de l'accident. La plupart ont une période(*) très courte. Trois isotopes s'avérèrent dangereux :

...le **cœsium 137** (période : 30 ans), vehiculé surtout par l'eau endommage, chez les humains, le système nerveux central, l'estomac et les globules rouges du sang, la moëlle osseuse. A forte dose, la mort intervient rapidement (heures ou jours). A faible dose, des cancers peuvent apparaître entre 5 et 20 ans après.

L'iode 131 (période : 8 jours), procède surtout par inhalation; il augmente fortement la probabilité de nodules et cancers de la glande thyroïde. L'ingestion de tablettes d'iode normal sature la glande et leur empêche d'absorber l'iode 131 radioactif.

...Le **strontium 90** (période : 28 ans) semble avoir joué un rôle négligeable en dehors de l'URSS.

Les radionucleïdes les plus lourds (strontium 90, plutonium, etc...) retombent près de Tchernobyl; les plus légers (cœsium 137, iode 131) vont plus loin.

Depuis la série des explosions atomiques expérimentales (1951-63) le tritium devient un traceur précieux de l'eau souterraine dans les nappes phréatiques, car il permet d'apprécier, dans le temps, les volumes d'eau emmagasinés et exhaurés et d'établir un mode de gestion des réservoirs. L'accident de Tchernobyl en a-t-il évacué jusqu'à l'océan Atlantique ?.

Le triple danger de Tchernobyl : irradiation, inhalation, ingestion

irradiation. Dose mortelle : 4 sievert (Sv) = 400 rem; (50% des cas).
Limite tolérable avant danger : 0,05 Sv/an = 5 rem/an

A Tchernobyl : rayon d'action de la poussière radioactive : 40 km; aire : 5.000 km². Près de 200.000 habitants concernés et 10.000 têtes de bétail. Dose moyenne accumulée avant évacuation : 0,12 Sv/hab (12 rem/hab); max : 0,4 Sv = 40 rem/hab. Cette dose accumulée constitue une prédisposition au cancer légèrement supérieure à la moyenne. Bilan : 29 morts par irradiation (Mai-Août 86). Ensuite ?

En Europe : néant.
inhalation : le radon, gaz radioactif, est présent partout à l'état naturel, même

(*) (half-life) :temp nécessaire à un isotope pour perdre la moitié de sa radioactivité initiale (en général 10 demi-vies sont nécessaires avant que la radioactivité atteigne un niveau bas ou faible).

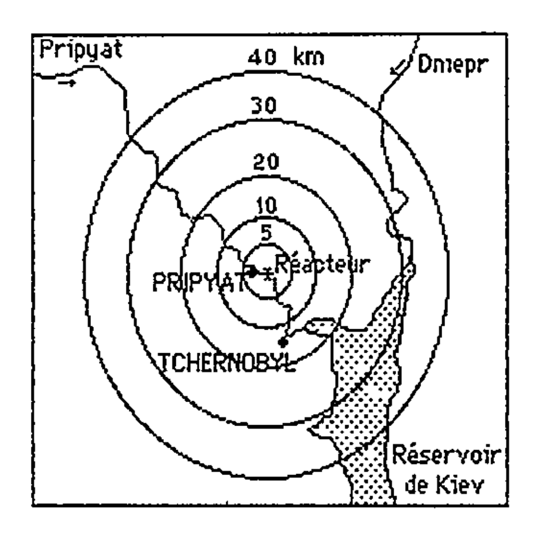


Fig.4 Zones contaminées autour de Tchernobyl
zone 1 (0-5 km = 70 km²) : demeurera inhabitée y compris la ville de Pripyat.
zone 2 (5-10 km = 230 km²) : sera décontaminée mais pas encore repeuplée.
zone 3 (10-40 km = 4700 km²) : sera ré-habitable en fin 1987, y compris la ville de Tchernobyl, mais cultivable sous contrôle (470.000 ha).

...Une **nuée radioactive** s'étend au loin dans un rayon variable (2000-4000 km) et recouvre l'Europe pendant 10 jours au maximum. Au gré des phénomènes atmosphériques (direction des vents, précipitations), les pays européens en sont plus ou moins affectés.

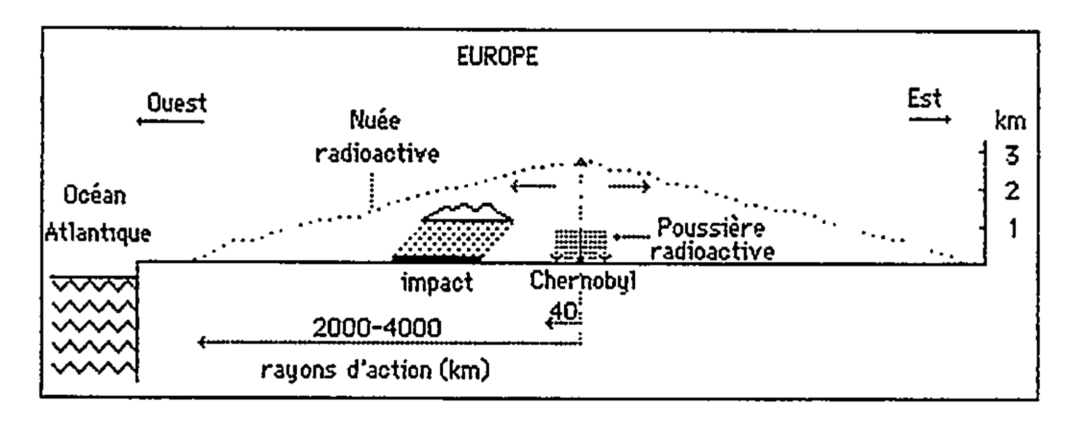


Fig.5 Emissions radioactives de Tchernobyl : poussière et nuée

12 constituent les réservoirs temporairement fixes (1 par quartier et 2 pour le village de toile),
12 assurent la navette de remplissage aux sources,
6 en réserve,

...garde militaire à chaque point de distribution,
...agent technique aux 4 sources de remplissage pour contrôler l'hygiène,
...chloration de l'eau au taux de 7 pour mille(*) aux sources de remplissage.

Conduite de la manœuvre :

...l'auteur fut désigné comme responsable de la conception, mise en place et supervision de l'opération pour éviter toute épidémie.
...l'exécution fut déléguée au chef de la cellule opérationnelle(**).

Remarque

Aucune épidémie ne prit naissance. Le service de distribution semi-mobile d'eau potable fonctionna parfaitement pendant les 20 jours de sauvetage. Après cela, il fut remplacé par une adduction provisoire vers le village de toile et par des bornes-fontaines temporaires pour l'Armée opérant le déblaiement.

ENSEIGNEMENTS DE L'ACCIDENT NUCLEAIRE DE TCHERNOBYL

Mécanisme de la catastrophe

Une double explosion (samedi 26 avril, 01h 24min., heure locale) détruit le cœur et le bâtiment du réacteur; elle projette du combustible nucléaire sur le site de la centrale (1 km² = 100 ha) et crée quelques 30 foyers d'incendie, éteints par les pompiers en 5 heures.

Le feu de graphite du cœur dure 10 jours, avant extinction ou, plutôt, isolement; les rejets radioactifs durent, donc, 10 jours. L'émission dans l'atmosphère forme 2 agrégats, d'après le degré de volatilité :

...Une poussière radioactive retombe au sol dans un rayon de 40 km (5000 km²)(*** décomposé en 3 zones, suivant le degré de contamination :

(*) Europe : 2-3; Etats-Unis : 5-7 pour mille (le maximum est souvent adopté dans les grandes villes).

(**) Le chef du service des eaux de la ville, qui demeura courageusement à son poste, fut désigné à ce poste.

(***) Source : World Water, juin 1986.
Les Soviétiques ont décrété le 3e cercle à 30 km de rayon (2830 km²)

séparant la ville nouvelle du quartier industriel, car ce dernier quartier est exempt de cadavres (Fig.3).

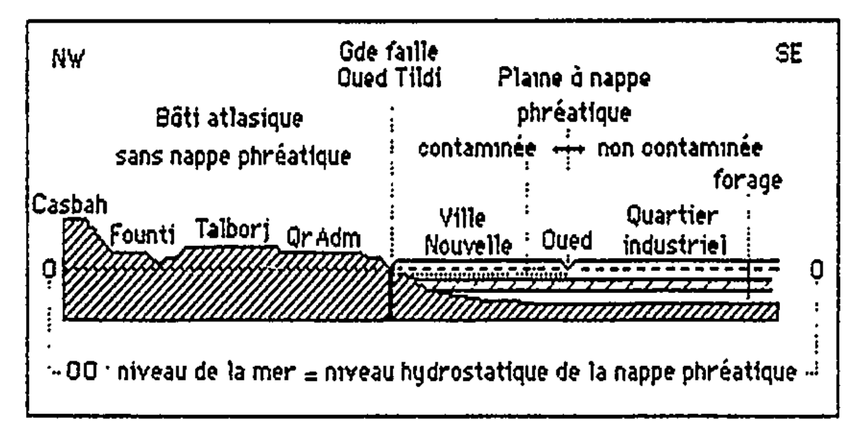


Fig.3 Profil hydrogéologique suivant la trace AB (voir fig.2)

Décision

idée de manœuvre : mettre immédiatement hors circuit toutes les installations d'eau potable et créer entièrement un nouveau service d'eau potable.

Action

Conception de la manœuvre :

...Dans un premier temps : mettre en exploitation le puits du drain des dunes et les 3 forages de reconnaissance Ag2, Ag3, Ag4, situés en zone saine et à bonne profondeur, sous une couche imperméable (Fig.3).

....Dans un deuxième temps : organiser un service de camions-citerne à partir de ces 4 sources d'eau.

...Dans un troisième temps : mettre en place des points de distribution, sous forme de camions-citerne jouant le rôle de réservoirs temporairement fixes (substitués par d'autres, dès épuisement).

préparation de la manœuvre :

...création d'une cellule opérationnelle composée de techniciens,
...réquisition d'une trentaine de camions-citerne ainsi répartis :

péril : nombre incalculable de morts ensevelis sous les décombres; les cadavres constituent des foyers pathogènes. De multiples ruptures des conduites et des réservoirs d'eau d'immeubles confèrent à l'eau le rôle de vecteur microbien et d'agent de graves épidémies. En outre, en raison de l'épandage aérien constant de DDT sur les décombres, l'humidité océanique et la pluie éventuelle introduisent dans l'eau répandue en sous-sol, une forte toxicité. Cette eau rejoint la nappe phréatique, là où elle existe.

terrain : plus de 90% des cadavres se trouvaient ensevelis dans les quartiers de montagne, au nord de la grande faille, où se situaient les installations d'eau potable : réservoir principal avec l'arrivée de l'adduction venant de la plaine du Souss (au sud-est) et le départ du réseau de distribution (Fig.2).

La nappe phréatique existe, seulement, au sud de la grande faille, où se situent le captage des dunes et des sondages d'exploration.

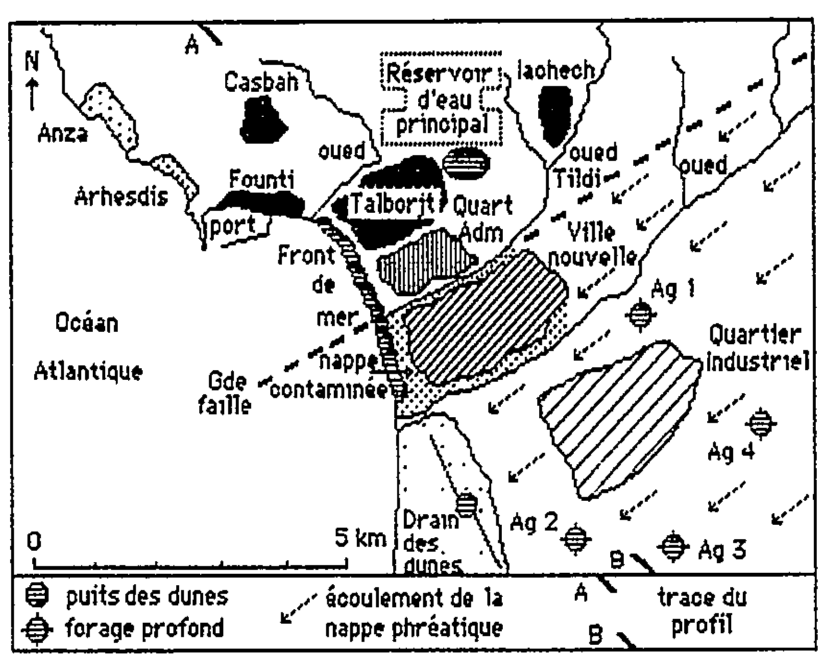


Fig.2 Installations d'eau potable et situation de la nappe phréatique (adduction et reseau de distribution non figurés)

moyens : exclure toute idée de rétablir, même partiellement, le réseau de distribution d'eau potable car, au nord de la grande faille, il servirait de transporteur des agents pathogènes. Au sud de celle-ci, il contaminerait, en outre, la nappe phréatique sous la ville nouvelle qui comporte des cadavres. Par contre, il est possible d'utiliser tout captage situé au sud du petit oued

Remarque

L'opération-Eau potable ne fut pas intégrée dans l'opération-Santé, malgré une revendication appuyée du Ministre de la Santé. D'ailleurs, la Suisse, à propos de Tchernobyl, émit l'opinion que la santé publique n'est pas uniquement l'affaire des médecins.

ROLE DE L'EAU

Situation

Avant le séisme, la ville d'Agadir, construite au pied méridional de la chaîne atlasique, partageait ses 10 quartiers entre montagne et plaine.

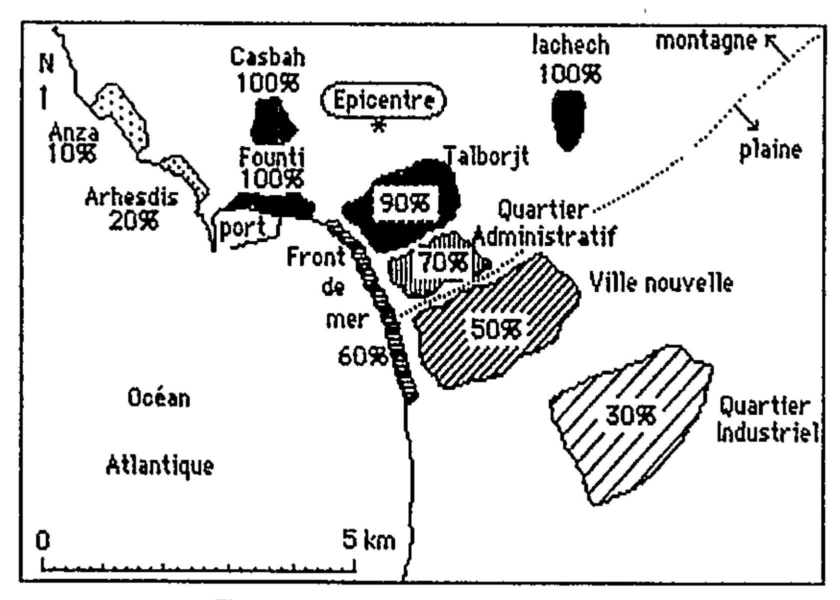


Fig.1 Degré de destruction par quartiers (10)

Le séisme la détruisit inégalement suivant la situation tectonique des quartiers et la fondation géologique des batiments(*) (Fig.1).

Application du raisonnement tactique

Conclusions de l'analyse critique

mission : approvisionner en eau potable la population résidant dans la zone sinistrée : sauveteurs, survivants regroupés en villages de toile.

(*) expliqué dans l'ouvrage «Le séisme d'Agadir (29 Fév. 1960 à 23h 41) dans son cadre géologique» R.Ambroggi, Mars 1960, Ministère des Travaux Publics, Rabat, Maroc.

moyens : localement disparus; distribution d'eau rompue en de multiples points; poteaux abattus de téléphone et d'électricité. Sauveteurs qualifiés : quelques dizaines aux alentours (base aérienne Inezgane).
Matériel : néant.
Besoins : des milliers de sauveteurs et de matériels divers : détection, percement, excavation, déblaiement, gruttage, etc...

Décision

Idée de manœuvre : Sauver le maximum de survivants ensevelis, soigner les blessés et protéger la santé de tout le monde.

Action

Conception de la manœuvre

...Dans un premier temps : opérer rapidement le sauvetage des survivants, simultanément dans tous les quartiers, sans distinction ni priorité, par une intervention massive de l'Armée.
...Dans un deuxième temps : prémunir les sauveteurs, survivants, blessés, contre toute épidémie en assurant la fourniture d'eau éminemment potable en quantité suffisante.
...Dans un troisième temps : établir un cordon sanitaire autour de la zone sinistrée.

Préparation de la manœuvre

...Création d'une petite **cellule d'action** autour de S.A.R. le Prince Héritier comprenant civils et militaires et dont un élément avancé était installé dans la zone sinistrée.
...Installation d'un hôpital de campagne près de la base aérienne.
...Transfert et concentration des Forces Armées Royales (FAR) au sud d'Agadir et d'une force navale étrangère en rade.
...Organisation du dispositif de sauvetage par quartiers (10) de la ville et affectation des commandements par quartier.
...Organisation de l'opération-eau potable.

Conduite de la manœuvre

...S.M. le Roi Mohammed V assurait le commandement suprême dans cette catastrophe nationale, mais avait délégué l'autorité d'action et d'intervention à S.A.R. le Prince Héritier Moulay Hassan.
...Une seconde délégation d'autorité s'effectuait vers les trois opérations essentielles : Sauvetage, Santé (soins aux blessés), Eau potable.

2.Conclusion de l'analyse critique :

• Cette conclusion générale nous dit :

mission : voilà ce qu'il faut faire
péril : voilà ce qu'il faut vaincre
terrain : voilà où on peut le faire
moyens : voilà ce qu'on peut faire et comment le faire

...Ces éléments essentiels constituent la conception. Celle-ci offre plusieurs manœuvres possibles, qui impliquent un choix, prémice de la décision.

3.Décision

En face des manœuvres possibles, il faut choisir. C'est un acte de volonté traduit par le choix de la manœuvre la plus apte à remplir la mission. Elle s'exprime par l'**idée de manœuvre** née de la conception, à exprimer uniquement en idée(s), sans procédés.

L'action

1.Conception de la manœuvre

...indiquer l'axe d'effort principal et les axes d'effort secondaire.
...déterminer les phases principales : 1er temps, 2me temps,....

2.Préparation de la manœuvre :

...mettre en place une **structure d'action** (task force) en organisant le commandement et le(s) dispositifs(s).

...répartir les missions et donner à chacune les ordres particuliers.

3.Conduite de la manœuvre :

...**déléguer l'autorité** à la structure d'action et d'intervention.
...se contenter de la superviser.
...n'intervenir que sur les opérations défaillantes, le cas échéant.

Application au sauvetage des survivants

Conclusion de l'analyse critique

mission : sauver le maximum de survivants dans le plus court délai possible
péril : le séïsme; magnitude 6 (très forte); degré VII-IX (destructions massives); répétition de secousses d'ajustement pendant 2 mois, à raison de plusieurs par jour. Danger d'épidémies : choléra, typhus, etc... par le vecteur-eau.

terrain : montagneux en majorité; ville répartie en 10 quartiers distincts dont 7 dans la zone montagneuse; nombreux accès obstrués.

Le rôle de l'eau dans un accident nucléaire Mesures à prendre

Robert Ambroggi

ENSEIGNEMENTS DU SEISME D'AGADIR

Toutes les catastrophes impliquent, entre autres, des opérations communes : sauvetage des survivants, soins aux blessés, approvisionnement en eau non polluée et non contaminée(*). Leur réussite exige de bien penser pour mieux agir: appelons cela le raisonnement tactique. Il s'applique aussi bien à l'ensemble des opérations qu'à chaque opération particulière.

Par expérience, il convient d'exposer le raisonnement tactique et le rôle de l'eau dans le séïsme d'Agadir.

RAISONNEMENT TACTIQUE

La pensée

Elle doit conduire à la décision, début de l'action.

1.Analyse critique (Mise dans l'ambiance) :

...Etude de chaque facteur de décision : mission, péril, terrain, moyens.
...Analyse de la situation : visite, expertise, consultations.

procédé d'analyse

	mission	**péril**	**terrain**	**moyens**
mission	XXXXXX	☐	☐	☐
péril(**)	XXXXXX	XXXXXX	☐	☐
terrain	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	☐
moyens	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX

- Le rapport des facteurs deux à deux offre 6 synthèses partielles dont l'ensemble conduit à la **Conclusion** qui fait comprendre la réalité.

(*) l'auteur participa à la conception et supervision de la première; il conçut et dirigea la troisième.

(**) mots de substitution : risque, danger, accident, catastrophe, ennemi, etc..

hypothetical accident which would have involved a scenario requiring evacuation out to eight kilometers. This was the first time that an exhaustive independent check had been made on emergency arrangements, and evidence was taken from witnesses from the CEGB, the police, the other emergency services and officials from the various organizations that are involved. It was encouraging that the Inspector concluded that the arrangements were generally satisfactory, and whil making a few recommendations for improvements he endorsed the policy for a detailed plan covering a limited area, but capable of extension if necessary.

organizations and facilities throughout the country, but there was no adequate central organization able to analyse the results systematically and provide assessments on a short timescale. The National Radiological Protection Board played a major role, but their resources were limited and their telephone communication system became saturated with enquiries. No harm to the public resulted as a consequence, but there was confusion and unnecessary uncertainty in the minds of the public about the effects of the plume. Since then a Government review body has been examining these deficiencies, and a national plan is being prepared by the Department of the Environment which has been nominated as the lead organisation.

The same kind of confusion existed in Europe, and certainly different limits on acceptable levels of radioactivity were applied in different countries when restricting the sale and consumption of some foodstuffs and vegetables. This again can only cause confusion to members of the public and create suspicion that technical experts are not able to give reliable advice on safe levels. A radioactive plume does not recognize national boundaries, and there needs to be international co-ordination in this area and many others. The IAEA has already taken useful initiatives last year in obtaining member countries' agreement on the notification of nuclear accidents and the provision of assistance, and I hope this impetus will continue.

In summary every country with nuclear plant should have emergency arrangements capable of dealing with the largest scale accident that can be envisaged as a practical possibility. While the effects of accidents cannot be anticipated in detail these plans should form a good flexible basis for providing the resources, communications and procedures that are likely to be needed. They encompass the administrative infrastructure of the area surrounding the nuclear installation and involve co-ordination with the police, fire services and ambulance services, the local and county authorities, the authorities responsible for food, agriculture, fisheries and water, and the health authorities including hospitals and medical services. Special training and procedures have to be established for the personnel that are involved and exercises graduating from the exercising of special procedures to large scale simulated accidents need to be carried out periodically. Good communication systems have to be established between the nuclear installations, the Operational support Centres or equivalent, the field and headquarters units of the relevant organisations, and the central Gouvernment Departments so that whatever additional resources and support are needed can be marshalled quickly and efficiently.

The above arrangements have been in existence within the UK for more than 30 years, but they have never had to be used in practice. Indeed there has never even been a site emergency. During the Sizewell B Public Enquiry the Inspector spent a full week investigating a typical emergency plan, for a

conditions during an exercise when the reactor plant is operating normally, but considerable ingenuity is used to test the training and experience of personnel by designating hypothetical accident conditions and monitoring the actions that are taken. Some exercises have lasted 36 hours, and realism in the public relations field was introduced by a flood of external telephone enquiries from a group of retired employees who were suitably briefed as a knowledgeable, probing group of representatives of the press and the local populations. The improved arrangements and subsequent exercises have given confidence that they provide a good basis for dealing with a nuclear accident.

The disastrous accident at Chernobyl emphasized the need for a good framework of emergency plans to be available. After the inital shock of the accident and appreciation of what had occurred the Russians organized massive resources to protect the local populations and to deal with the large areas of contamination. An emergency control centre, no doubt similar in principle to the UK OSCs already mentioned, was established in the town of Chernobyl with the support of the State Committee for Atomic Energy and specialist teams from Moscow, and this directed the emergency response as it affected the population surrounding the reactor site. The first objective was evacuation of the town of Pripyat, and 45,000 people were evacuated in 2 1/2 hours during the day after the accident, and subsequently a further 90,000 people were moved from a zone of about 30km radius as the levels of contamination became more widespread.

It is agreed both by the Russians and technical authorities throughout the western world that the accident that happened to the Chernobyl reactor could not occur in any of the western world reactors. The scale of emergency planning therefore depends on the characteristics of the reactors under consideration but no doubt lessons will be learned from the Russian experience which will be incorporated in western world plans. When information becomes available it should be possible to assess the efficiency of different methods of decontamination, and the behaviour of the various radionuclides deposited on different kinds of crops, vegetation, roads and buildings. One immediate effect has been the heightened public perception of the consequences of nuclear accidents, and the need to inform the public of the measures that would be taken to protect them together with a description of the actions that they might have to take during an emergency. In the UK we are giving considerable attention to this aspect.

One technical area which requires immediate improvement is the capability to monitor a radioactive plume across the UK, whether it arises from overseas or within the UK itself, and to provide fast accurate information to the public. Various Government Departments and agencies are involved but at the time of Chernobyl no single Department had been designated as being in control and responsible for providing public information. Extensive measurements and data on the levels of radiation were provided by various technical

means or subsequently by arrangements organised by the civil authorities. The Report of the Commission investigating the accident made a particular point of recommending that nuclear power plants must have an emergency response plan approved by a federal agency, with a number of detailed recommendations about the content of such a plan.

A team from the UK visited Three Mile Island soon after the accident and reviewed the lessons that could be learned. The basic structure of the UK plans was considered to be satisfactory, but the team identified five specific areas requiring revision. These were :

(a) Managerial responsibilities during an emergency;
(b) Public relations and the news media;
(c) Telecommunications;
(d) Liaison with external organisations; and
(e) Population dose assessment.

An important finding of the review was a clear recognition of the breadth of impact that a serious nuclear accident would have, particularly with regard to the news media and public relations. Up to 300 journalists and broadcasters might be expected to muster around the affected site, and there could be constant demands for information from local organisations and community representatives. It was clear that the overall responsibility of the Site Emergency Controller would be too great if the emergency were to be prolonged, beyond say eight hours, and that it would be necessary to arrange additional support for off-site activities following the early stages.

Accordingly the Generating Boards, who in the UK are responsible for operating the nuclear power stations, decided to provide Operational Support Centres and Press Briefing Centres at distances of between 8km and 32km from each nuclear station. These facilities would be manned by senior managers and by senior representatives of the emergency services, local authorities and other organisations. They would handle all the many activities arising off site and provide the main source of information to the news media, leaving the Site Emergency Controller free to concentrate on the damage caused to the reactor and returning it to a safe state. These two Centres, in close proximity to each other and with direct links to the station, would become the centre of a communications system and the centre for liaison with external organisations. The Operational Support Centre would be able to call up additional resources as necessary in the form of engineering support and radiation monitoring facilities, and would provide the focus for monitoring the progress of any radioactive plume together with an assessment of the dose to the population. Finally it would provide a direct link to Government Departments and Ministers in London who would need to be kept fully informed of the progress of the accident. These developments have now been implemented for the UK Generating Boards' locations, and exercises have been held to test the arrangements. It is always difficult to simulate realistic

The declaration of a site emergency is a formal decision to alert all those on site, the operator's headquarters, and relevant outside organisations that there is a possibility that an accident on the plant may lead to a release of radioactivity. In the event of such a release an assessment would be made by the Site Emergency Controller - a senior manager of the nuclear plant - of the extent of any radioactivity released and the level of any radioactivity off the site. The emergency plans provide for radioactivity monitoring up to a distance of 40km from the site. The monitoring equipment on the site would provide information on the amount of radioactive material released to the environment and mobile teams in direct radio contact with the site would measure the radioactivity in the plume as it travelled downwind from the site and the level of radioactive material deposited on the ground. Assessments of this information would determine the advice to be given on measures to protect the public.

If the assessments indicated that the public in the vicinity of the site were at risk one or more of the following actions would be taken in potentially affected areas :

(i) Sheltering - the public are advised to stay indoors and close doors and windows.

(ii) Issue of potassium iodate tablets to those who might be exposed during the passage of the plume to minimise the effects of any uptake of radioactive iodine.

(iii) Evacuation of the public from a downwind sector up to a distance of 2-3km from the site to reduce the risk of exposure to radioactivity in the plume.

(iv) Control of potentially contaminated food and water supplies in accordance with the advice of MAFF and DoE (DAFS and HMIPI in Scotland)

The Three Mile Island accident in March 1979 demonstrated the need for well organised emergency plans. Although the reactor plant was wrecked the concrete containment building forming one of the principal engineered safeguards prevented a large release of radioactivity, so that the maximum dose to the most exposed member of the public was estimated to be about 400 microsieverts, about one-fifth of the dose acquired each year from background radiation. Nevertheless for several days there was uncertainty and speculation about the extent of the accident and its possible consequences. There was no comprehensive off-site emergency plan, monitoring of the local environment was not carried out systematically, and no single person or organisation appeared to be in overall control. Communication systems and telephone exchanges became saturated, and advice and information to the public were seriously lacking for the first two or three days. Consequently some 80,000 people left their homes and the local area, either by voluntary

radioactivity in the plume rapidly decreases with distance from the site but some traces of the material might be found at large distances from the site.

The radioactivity in the plume presents a risk of radiation exposure in three different ways. First, from external exposure to radiation emitted by the material in the plume as it passes downwind and from material deposited on the ground and possibly on people in the path of the plume; second, from internal radiation exposure by inhalation of material in the plume; and third, on a longer timescale, from the possible consumption of contaminated foodstuffs and drinking water.

For the scale of radioactive release which might conceivably occur in the UK direct radiation from the passing plume or from deposited material should not present a significant hazard. It might be necessary however to require people in the vicinity of the site to shelter, or take potassium iodate tablets, or possibly temporarily move from away from their homes to limit radiation exposure. The potassium iodate tablets would inhibit the uptake of radioactive iodine which when inhaled or ingested concentrates in the thyroid gland. It might also be necessary to introduce restrictions on the distribution of locally produced milk or other foodstuffs out to perhaps 20 kilometres from the site to prevent exposure from these sources. These actions should ensure that no member of the public is exposed to a significant risk to health.

The Senior officer of the police force in each county of the UK is responsible for taking measures to protect the public in any kind of civil emergency or disaster, such as floods, serious fires, a large aircraft crash or similar events. He is supported by other organisations which are included in a County Emergency Plan. This plan describes arrangements for looking after people who may have been evacuated, providing accommodation, food, medical services and caring for their welfare. The nuclear emergency arrangements are based on these general plans. The plant operator's plan describes in detail all the actions that have to be taken on site to recover and stabilise the plant, together with the procedures for radiation monitoring outside the site up to a distance of about 40km. Based on the information received from the monitoring teams advice is given to the police and other organisations on how and when protective measures should be implemented. These other organisations include the fire and ambulance services; the local health and water authorities; and Government Departments and agencies such as the Ministry of Agriculture. Fisheries and Food, the Department of the Environment and the Nuclear Installations Inspectorate. All these organisations have their own emergency plans or procedures which are co-ordinated with the site operator's plan, and the arrangements are fully rehearsed once a year at each site. Copies of the site operator's plan and information about off-site arrangements are made available in local libraries for public use.

safe use of X-rays. The use of atomic weapons in the closing stages of the Second World War provided a horrendous demonstration of the potentially harmful effects of radiation from atomic fission and radioactive fission products.

Great attention to safety was paid in the design of the early UK nuclear reactors and processing plants to ensure that the radiation exposure of workers was well within the limits recommended by the ICRP and that the chance of harm being caused to members of the public was very low indeed. Reliance was placed primarily on engineered safeguards to protect the public, but additionally the plants and reactors were located in remote areas so that if an accident should occur then only a small number of people would be affected.

A serious accident did however occur in 1957 at the Windscale site in Cumbria, when one of the earliest experimental air-cooled graphite moderated reactors caught fire. The accident released about 20,000 curies of radioactive iodine into the atmosphere, and while no person received any significant radiation dose a restriction was placed on the sale of milk produced in the area for almost six weeks. After the accident various recommendations were made by the official Committee of Inquiry. These included the preparation of comprehensive emergency plans at each nuclear site, the establishment of Local Liaison Committees to co-ordinate and explain the implementation of these plans to local officials and people, and the formulation of Emergency Reference Levels of Dose by the Medical Research Council to recommend levels at which action should be taken to implement protective measures for the public. The accident emphasised the importance of having comprehensive emergency arrangements and ensuring that they were prepared.

The most likely outcome of any accident at a nuclear station is that no one would be hurt at all because the safety systems would prevent the situation from developing to the stage where an accidental release of radioactivity occurred. It is not possible to guarantee this under all circumstances but the design of UK reactors ensures that for any accident that could occur in practice the release of radioactivity should be so small that the potential harm is very limited. Theoretically possible catastrophic accidents involving large releases of radioactivity are extremely unlikely.

If an accidental release of radioactivity did occur then some of the gaseous and volatile radioactive isotopes, such as krypton, xenon, iodine and caesium, would be transported by the wind from the site. The release could take place in a relatively short timescale but could be spread over a few hours or even longer depending on the type of operations at the plant and the mechanism of the release. The radioactive material would be invisible but behave in a way similar to a plume or cloud of smoke, dispersing into atmosphere and depositing some of its contents on the ground. The concentration of

United Kingdom Procedures in Case of Nuclear Accidents

Lord Chalfont

It is a basic assumption of safety authorities that a 100% guarantee of absolute safety cannot be given for any hazardous activity or process which potentially could cause harm to property or people. Land, sea and air transport are made as safe as practicable but accidents still happen. Safety standards in manufacturing, construction and mining industries have improved enormously since the days of the Industrial Revolution, while the modern chemical, gas and oil industries provide hazards of a new kind which can affect wide areas and a large number of people. The safety policy is to ensure that risks of serious accidents are so low that they can be regarded as negligible. The general public would, of course, like to have categoric assurances that accidents will not happen; but failing this they usually become more tolerant of the situation if they know that measures are available to give them protection in the event of an accident occurring.

Within the UK there are some 200 process plants which, by law, are required to have emergency plans to protect the public in the event of an accident. These plans have to be prepared by the local administrative authorities in co-operation with the emergency services and the plant operator, and usually include measures such as sheltering within buildings or evacuation of people. The legal requirement is a comparatively recent development, but every year for as long as one can remember there have been incidents involving chemical plants which have required the evacuation of people. Sometimes only very few have been affected but sometimes the number has been as high as several thousand.

The potential risk of harm from nuclear plants was well appreciated in the UK when they were first being designed and constructed for the weapons programme during the late 1950s. It has been known since the turn of the century that ionising radiations could cause harmful biological effects, and the extensive development of the use of X-rays in the 1920s led to the formation of the International Commission on Radiological Protection (ICRP) in 1928 with the objective of providing guidance and standards on the

intended functioning of the vented ntainment of the Argos PHWR can be mplified by following a postulated acci- nt scenario, the so-called "emergency wer" case, in which the highly reliable ergency power supply would be un- ilable and non-recoverable. This is own in Fig 9.

n such a case, after reactor shutdown, temperature of the reactor coolant uld increase as a result of residual ting in the core. The primary pressure uld reach a level that would actuate the ety valve. Primary coolant steam would n flow into the pressurizer relief tank, ere the pressure would evdentually lead bursting of a rupture disk. Radioactive lant steam would then be released into containment environment, where it uld be retained. The design of this ex- mely important boundary includes pro- ion for sufficiently reliable isolation of es and ducts penetrating the steel ere by redundant valves Otherwise, re would be an immediate release of lioactive materials into the reactor build- annulus, followed by an uncontrolled ase into the environment and a subse- ent unacceptably high public exposure f environmental contamination.

drogen ignition. Following the contain- nt isolation, which can be ensured either automatic or by human action, all conse- ences would be limited within the con- nment environment. The core would dry and eventually melt. The cladding of the l rods would burst and its temperature uld increase until a zirconium–water ction takes place. Hydrogen, along with ion products, would be released into the ntainment environment. There, another portant system of the containment would come effective: the early ignition of the lrogen by appropriate catalysts which l operate without auxiliary power. This ect will ensure the integrity of the con- nment, by avoiding a later hydrogen flagration with possible rupture of the el sphere.

Following this catastrophic scenario and l in the absence of electrical power pply, the melting core is assumed to netrate the bottom of the reactor essure vessel and come into contact with floor of the reactor vault. There might n be an exothermic reaction between the lted core material and the concrete. The eased energy would increase the essure inside the containment signifi- ntly (that pressure would already amount several bar, because of the blowdown of primary coolant).

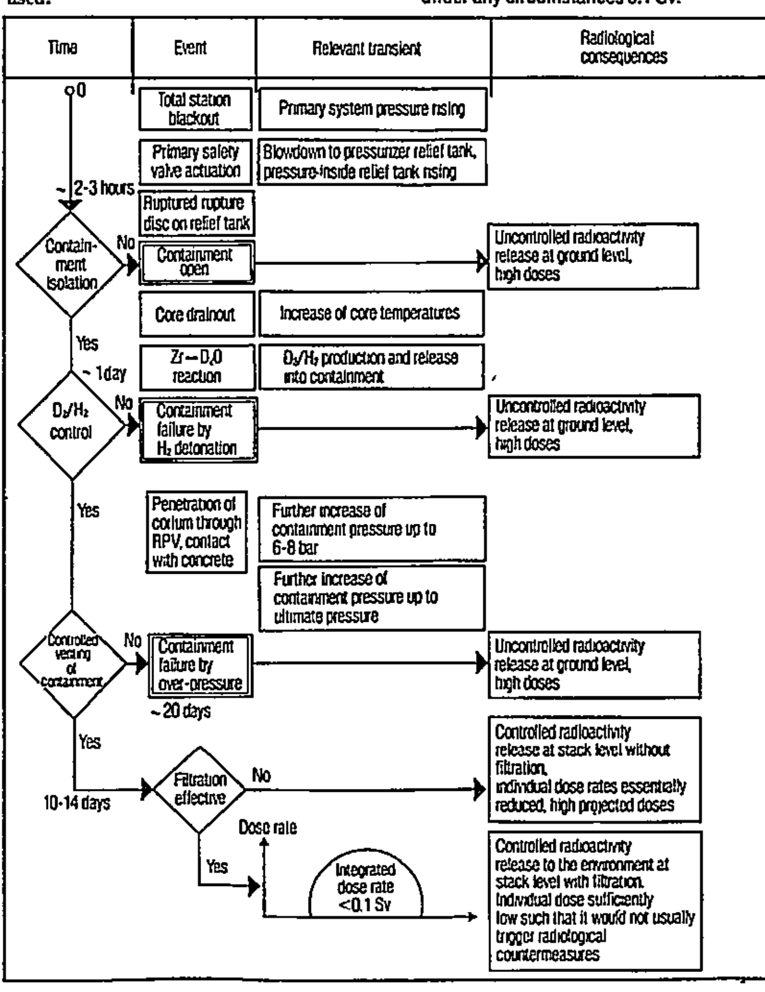
enty days to failure. One of the most nificant features of the Argos PHWR-380 sign would now become effective. The ntainment design pressure of about 5 bar uld be reached only after some 10-14 days, when all the short-lived fission products would have already decayed and most of the radioactive material would have been deposited

This is due to the very favourable relation between the very large containment volume and the comparatively small energy content of the primary system. Without any countermeasures at this stage, pressure would increase inside the containment up to its rupture level, which would take place some 20 days after the initiation of the described hypothetical scenario.

In such a case, the consequences woul be extremely modest compared with thos from the Chernobyl accident, where such containment function did not exist.

However, a containment rupture woul lead to an uncontrolled release of th radioactive materials still remaining in th containment into the environment. Th Argos PHWR-380 design therefore incor porates venting, to permit the controlle release of gases and aerosols from th containment into the environment throug a filtering system, relieving the pressure an thus avoiding the containment failure. Th efficiency of the filtering system ensure that the resulting projected dose to th most exposed individual must not exceed under any circumstances 0.1 Sv.

Fig. 9. Possible accident scenario showing how the vented containment system might be used.



The probabilistic safety assessment performed for the Argos PHWR-380 shows compliance with the criterion curve shown in Fig. 8, which is a necessary but not sufficient condition for nuclear plant licensing in Argentina. The authority's limiting criterion is than an annual risk limit of one-in-a-million must be respected for any individual who might hypothetically be subject to accidental exposures from a nuclear power plant.

Since accidental exposures may result from several accident sequences, an annual risk upper bound of one-in-ten-million must be respected for around ten selected relevant sequences. As each sequence may result in different doses, the criterion curve or limit line shown in Fig. 8 is used.

The logic behind this criterion curve is a follows. For the range of doses from which only stochastic effects of radiation can be incurred, the criterion curve must show a constant, negative, 45° slope in a log annual probability versus log individual dose co-ordinate axis plane. This would ensure that the risk, i.e. annual probability of incurring the dose multiplied by the probability of serious deleterious effects given the dose (the latter being in the order of 10^{-2} per Sievert) will be kept constant.

One of the co-ordinate points in this part of the curve would obviously be the following: | annual probability = 10^{-5}; individual dose = 1 Sv |, because the product 10^{-5} . annum^{-1} . 1 Sv . 10^{-2} . Sv^{-1} results in an annual risk of 10^{-7} which is the risk upper bound for any scenario from the postulated initiating events.

In the dose range where non-stochastic effects of radiation may occur (i.e., for individual doses higher than about 1 Sv), the slope of the curve should increase, in order to take into account the higher risks of death at these levels of dose. For doses higher than about 6 Sv, the probability of death approaches unity. From this level to higher doses, the criterion curve should remain constant at an annual probability of 10^{-7} (because the exposed individual would inevitably die regardless the level of the dose).

Between the co-ordinate points defined by | annual probability = 10^{-5}; individual dose = 1 Sv | and | annual probability = 10^{-7}; individual dose = 6 Sv |, the criterion curve should show a shape inverse to the dose-response relationship (which, at that range, is roughly S-shaped; however, for the sake of simplification, the regulatory authority has decided to approximate these two points by means of a linear-shaped relationship). Finally, the criterion curve has been truncated at an annual probability level of 10^{-2}, because the occurrence of incidents having a higher annual probability (regardless of the dose) is unacceptable for the regulatory authority.

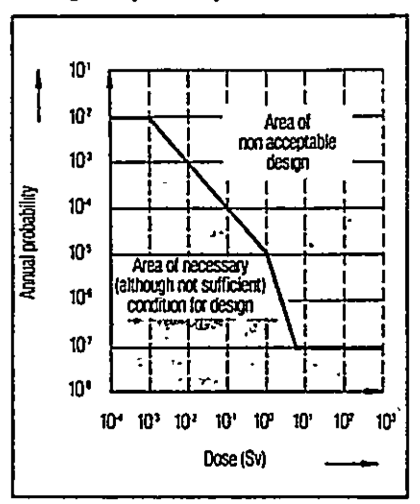


Fig. 8. Limit criterion curve.

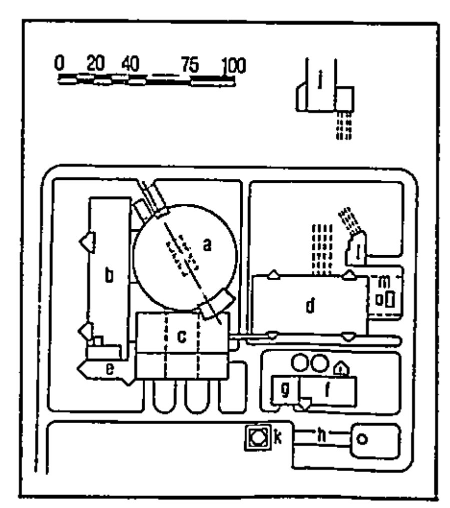


Fig. 6. Plant layout. The balance of plant is designed to ensure economy in construction and operation. The following aspects are considered in the arrangement of the building: clear energy flows, short piping and cable runs; good access for construction, erection, operation and maintenance; adaptability to future extension; and, clear separation of the controlled area for radiation protection purposes.

Key: a – reactor building. b – reactor auxiliary building. c – switchgear and emergency power supply building. d – turbine building. e – staff facilities and office building f – demineralizing system building. g – auxiliary boiler and air compressor building. h – gas cylinder store. j – cooling water intake structure k – fuel oil tank. l – service cooling water collecting pit. m – transformer park

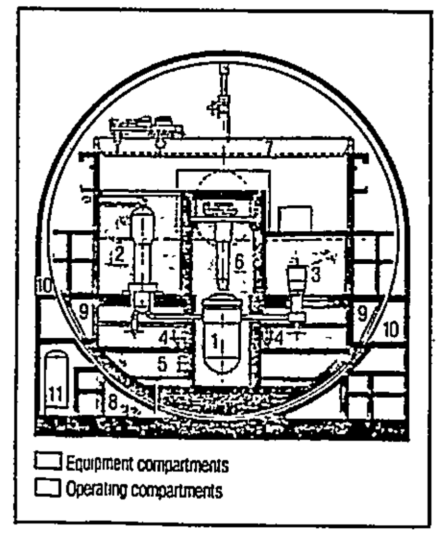


Fig. 7. Reactor building cross section. One of the most important features of the Argos PHWR-380 is its double containment, which consists of two concentric spherical structures: an inner metal sphere; and an outer concrete shield building. The outer concrete shield building acts as a secondary containment and is designed to protect the steel sphere from external events.

Key: 1 – reactor pressure vessel. 2 – steam generator. 3 – reactor coolant pump. 4 – moderator cooler. 5 – moderator pump. 6 – refuelling machine 7 – reactor building crane. 8 – safety injection pump. 9 – pipe duct. 10 – cable spreading area. 11 – D_2O storage tank.

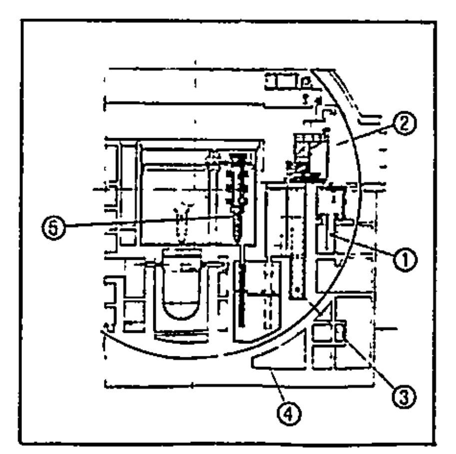


Fig. 4. Refuelling system. The Argos PHWR-380 is designed for automatic refuelling during full power operation. New fuel is inserted into the transfer vessel, where a fluid change from H_2O to D_2O takes place. The refuelling machine takes in new fuel assemblies and performs reloading and reshuffling operations above the reactor pressure vessel. The spent fuel is carried to the spent fuel pool in the opposite direction.

Key: 1 – new fuel store. 2 – manipulator bridge. 3 – spent fuel pool. 4 – transfer vessel. 5 – refuelling machine.

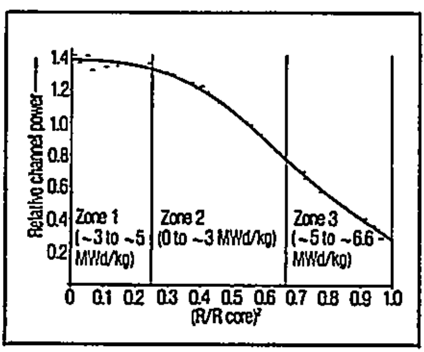
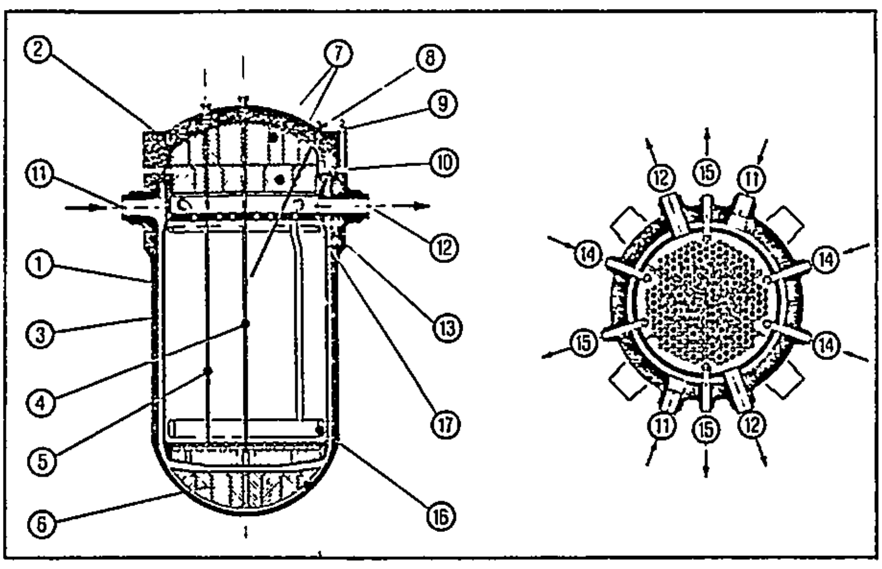


Fig. 5. Radial power distribution. To ensure a flat power density distribution, a radial reshuffling scheme of 3 zones/1 way is applied. This implies that the fresh fuel is introduced into a channel at an intermediate position (zone 2). From there, the partly depleted fuel is shuffled to the core centre, zone 1, and, finally, to the reactor periphery (zone 3). In this way, an average discharge burn-up of 6600MWd/tU can be achieved with natural uranium fuel. In this diagram, distance from core centre is increasing from left to right.



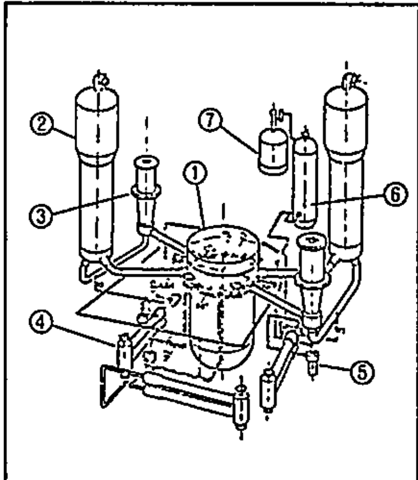


Fig. 2. Reactor coolant and moderator circuit. The reactor coolant system of the Argos PHWR-380 is fully comparable in design and arrangement with that of a PWR. In addition, as is usual in heavy water reactors, there is a moderator cooling system, which is subdivided into three identical loops, each comprising one moderator pump and one moderator cooler. The moderator system is connected with the moderator tank inside the reactor pressure vessel.

Key: 1 – reactor pressure vessel. 2 – steam generator. 3 – reactor coolant pump. 4 – moderator cooler. 5 – moderator pump. 6 – pressurizer. 7 – pressurizer relief tank.

Fig. 3. Reactor pressure vessel and internals. There are 244 vertical coolant channels containing one fuel assembly each. The coolant channels penetrate the moderator tank. The pressure between coolant and moderator is equalized by openings in the moderator tank closure head, resulting in only a slight presure difference and, therefore, requiring only a thin-walled coolant tank. The 244 coolant channels producing 1067MW of thermal power are arranged in a triangular lattice array with a pitch of 27.5cm. The control and shutdown absorber rods are hydraulically operated. They move vertically. A total of 60 rods is used, 45 of them for shutdown and long-term subcriticality. The remaining rods are power control and power density control rods, designed for flattening the power density distribution over the core.

Key: 1 – reactor pressure vessel. 2 – closure head of reactor pressure vessel. 3 – moderator tank. 4 – coolant channel. 5 – guide tube for control rod/shutdown rod. 6 – lower filler pieces. 7 – upper filler pieces. 8 – boric acid injection-line. 9 – stud. 10 – closure joint. 11 – coolant inlet. 12 – coolant outlet. 13 – closure head of moderator tank. 14 – moderator inlet. 15 – moderator outlet. 16 – moderator piping. 17 – moderator piping.

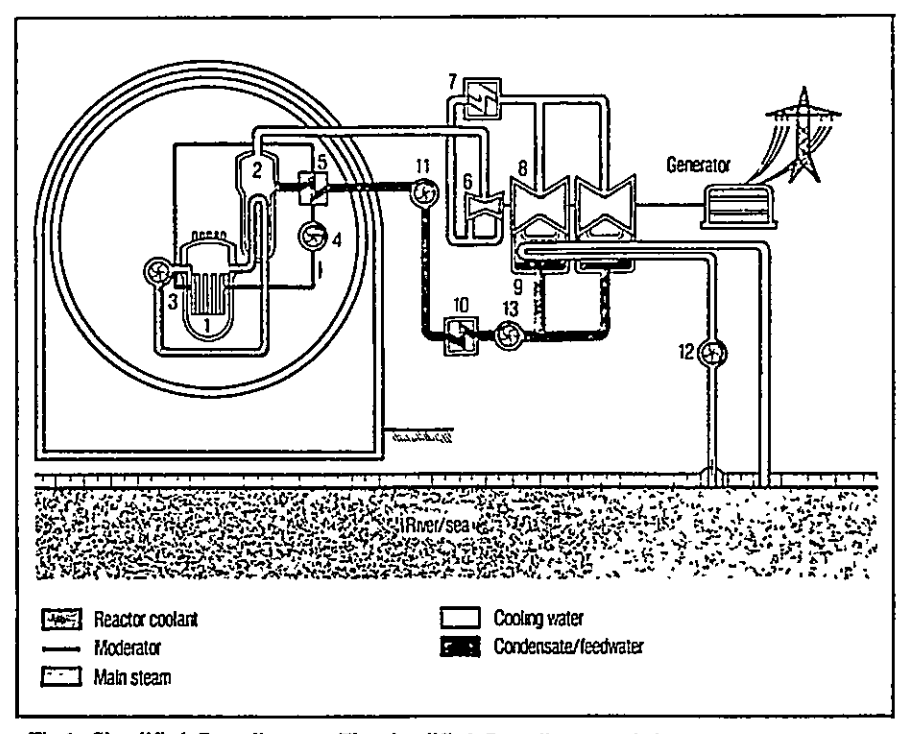


Fig.1. Simplified flow diagram. The simplified flow diagram of the Argos PHWR-380 is equivalent to that of the Atucha PHWR plants. Heat generated in the moderator by neutron moderation and heat transfer is extracted by independent moderator loops and used for preheating the feedwater, enhancing the high efficiency of the plant.
Key; 1 - reactor pressure vessel. 2 - steam generator. 3 - reactor coolant pump. 4 - moderator pump. 5 - moderator cooler. 6 - high pressure turbine. 7 - moisture separator. 8 - low pressure turbine. 9 - condenser. 10 - preheater. 11 - feedwater pump. 12 - main cooling water pump. 13 - main condensate pump.

Table 1. Comparison of main technical data for Argos PHWR-380 with those for Atucha I and II (CNA I and CNA II)

	CNA I	Argos PHWR-380	CNA II
General Reactor type	PHWR	PHWR	PHWR
Gross generator output (MW)	367	375	745
Thermal reactor output (MW)	1179	1123	2160
Reactor core			
Type of fuel	Sintered pelletized natural uranium dioxide		
Refuelling	On load	On load	On load
Number of fuel assemblies	253	244	451
Active length (mm)	5300	5300	5300
Burn-up (MWd/t)	6000	6600	7500
Mean fuel rod power (W/cm)	232	223	232
Number of control rods	29	60	18
Main circuits			
Number of main coolant loops	2	2	2
Number of moderator coolant loops	2	3	4
Coolant flow rate per loop (kg/s)	3080	2573	5150
Moderator flow rate per loop (kg/s)	222	150	222
Operating pressure (bar)	133	115	115
Coolant temperature (°C)	262/296	277/314	278/312
Average moderator temperature (°C)	140/210	165/220	170/220
Reactor pressure vessel			
Internal diameter (mm)	5360	5366	7368
Weight of bottom portion (t)	320	320	670

41) Comisión Nacional de Energía Atómica; Buenos Aires, Argentina. Consejo Asesor para el Licenciamiento de Instalaciones Nucleares. «Sistemas de extinción»; CNEA; Buenos Aires; (1981); Norma CALIN n°3.4.2.

42) Comisión Nacional de Energia Atomica; Buenos Aires, Argentina. Consejo Asesor para el Licenciamiento de Instalaciones Nucleares. «Sistemas de confinamiento»; CNEA; Buenos Aires; (1981); Norma CALIN N°.3.4.3.

43) Comisión Nacional de Energía Atómica; Buenos Aires, Argentina. Consejo Asesor para el Licenciamiento de Instalaciones Nucleares. «Alimentación electrica esencial»; CNEA; Buenos Aires; (1980); Norma CALIN n°.3.5.1.

44) Comisión Nacional de Energía Atómica; Buenos Aires, Argentina. Consejo Asesor para el Licenciamiento de Instalaciones Nucleares. «Garantias de calidad»; CNEA; Buenos Aires; (1980); Norma CALIN n°. 3.6.1.

45) International Atomic Energy Agency; «Principles for Establishing Intervention Levels for the Protection of the Public in the Event of a Nuclear Accident or Radiological Emergency»; IAEA Safety Series 72; IAEA; Vienna (1985).

46) Beninson D. and Gonsález A.; «Optimization in Relocation Decisions» (IAEA-SM-285/37). Proceedings of the International Symposium on the Optimization of Radiation Protection; Vienna; (1985).

30) González, Abel J.; «The Regulatory Use of Probabilistic Safety Analysis in Argentina»; Proceedings of the International Meeting on Thermal Nuclear Reactor Safety; Chicago, USA; **NUREG/ CP-0027**; (1982).

31) Fabian, H. and Frishengruber, K.; Safety concept and evaluation for the pressurized heavy water reactor Atucha II; Atomenergie, Kerntechnik, Vol. 46.

32) International Atomic Energy Agency, «Status, Experience, and Future Prospects for the Development of Probabilistic Safety Criteria»; Raport of the Technical Committee Meeting; IAEA; TEC DOC (in preparation).

33) International Atomic Energy Agency; «The application of radiation protection principles to sources of potential exposure : towards au unified approach to radiation safety». IAEA Consulative Document (in preparation).

34) Beninson D.; «Optimization of radiation protection as a special case of decision theory» (IAEA-SM-285/38). Proceedings of the International Symposium on the Optimization of Radiation Protection; Vienna; (March 1985).

35) Comisión Nacional de Energía Atómica; Buenos Aires, Argentina. Consejo Asesor para el Licenciamiento de Instalaciones Nucleares. «Criterios generales de seguridad en el diseño»; CNEA; Buenos Aires; (1980); Norma CALIN n°.3.2.1.

36) Comisión Nacional de Energía Atómica; Buenos Aires, Argentina. Consejo Asesor para el Licenciamiento de Instalaciones Nucleares. «Núcleo del reactor» CNEA; Buenos Aires; (1979); Norma CALIN n°.3.3.1.

37) Comisión Nacional de Energìa Atómica; Buenos Aires, Argentina. Consejo Asesor para el Licenciamiento de Instalaciones Nucleares. «Sistemas de remoción de calor»; CNEA; Buenos Aires; (1979); Norma CALIN n°.3.3.2.

38) Comisión Nacional de Energía Atómica; Buenos Aires, Argentina. Consejo Asesor para el Licenciamiento de Instalaciones Nucleares. «Circuito primario de presión»; CNEA; Buenos Aires; (1980); Norma CALIN N°. 3.3.3.

39) Comisión Nacional de Energía Atómica; Buenos Aires, Argentina. Consejo Asesor para el Licenciamiento de Instalaciones Nucleares. «Comportamiento del combustible en el reactor»; CNEA; Buenos Aires; (1980); Norma CALIN n°. 3.3.4.

40) Comisión Nacional de energía Atómica; Buenos Aires, Argentina. Consejo Asesor para el Licenciamiento de Instalaciones Nucleares. «Sistema de protección e instrumentaciín relacionada con la seguridad»; CNEA; Buenos Aires; (1980); Norma CALIN n°. 3.4.1.

18) D.J.Beninson and A.J.Gonzalez, «Optimization of Nuclear Safety Systems». In Proceedings of an International Conference on Current Nuclear Power Plants Safety Issues organized by the International Atomic Energy Agency. Stockholm, Oct. 20-24, 1980. Vienna, IAEA, 1981. Vol. 2. p.449-456. IAEA-CN-39/211 STI/PUB/566.

19) International Commission on Radiological Protection, Cost-benefit Analysis in the Optimization of Radiation Protection, In Annals of ICRP, ICRP Publication 37, Volume 10 N°2/3, Pergamon Press, Oxford and New York (1983).

20) Fritelli, L., Tamburrano, A., «An application of cost-effectiveness analysis to restrict the damage caused by an accidental release of radioactive material to the environment», Radiation Protection : A Systematic Approach to Safety. (Proc. 5th. Int. Congr. of the International Radiation Protection Association, Jerusalem, 1980). Vol. 2, Pergamon Press, Oxford (1980) 785-789.

21) Der Mehrzwecksforschungsreaktor, Atomkernenergie, Kerntechnik, Vol. 46; (June 1985).

22) Poder Ejecutivo Nacional de la Republica Argentina, Decreto N°423/86. (21 de marzo de 1986).

23) Herzog, G. and Sauerwald, K.; «La Central Nuclear de Atucha»; Atom und Strom; Año 15, Nr. 4; (April 1969).

24) «Atucha II, Building a 745 MWe pressure-vessel PHWR in the Argentine»; Nuclear Engineering International, Vol. 27, No.9 (September 1982).

25) Small and Medium Power Reactors : Project Initiation Study, Phase I; Raport prepared by the International Atomic Energy Agency and the OECD Nuclear Energy Agency; IAEA-TEC Doc-347; IAEA; Vienna (1985).

26) Frischengruber, K. and Dusch, F; in IAEA Technical Committee on Advanced Light and Heavy Water Reactor Technology Development; Potential and Advanced Fuel Cycles in KWU Type PHWRs; IAEA; Vienna; (1985).

27) International Nuclear Fuel Cycle Evaluation; Working Group 8 on Advanced Reactor Systems and Fuel Cycle Concepts, INFCE/PC/2/8; IAEA; Vienna; (1980).

28) Comisión Nacional de energía Atómica; Buenos Aires, Argentina. Consejo Asesor para el Licenciamiento de Instalaciones Nucleares. «Exposición ocupacional»; CNEA; Buenos Aires; (1979); Norma CALIN n°. 3.1.1.

29) International Atomic Energy Agency; Nuclear Safety Standards for Nuclear Power Plants; IAEA Safety Series N°. 50 IAEA; Vienna.

9) International Atomic Energy Agency, Vienna (Austria). «Normas Básicas de seguridad en materia de protección radiológica». Informe de un grupo asesor patrocinado conjuntamente por 0IEA/OMS/OIT/AEN. Aprobado par GOV/2044 - 28 Jul. 1981. (in press).

10) Comision Nacional de Energia Atomica, Buenos Aires. (Argentina) Consejo Asesor para el Licenciamiento de Instalaciones Nucleares. «Limitación de efluentes radiactivos» Buenos Aires, CNEA, 1974. 2p. **NORMA CALIN N°3.1.2.**

11) G.Apostolakis, «Probability and risk assessment : The subjectivistic viewpoint and some suggestions». **Nuclear Safety v.19** : 305-315, 1987, N°3.

12) D.J. Beninson and B.Lindell, «Critical views on the application of some methods for evaluation of accidents probabilities and consequences». In Proceedings of an International Conference on Current Nuclear Power Plants Safety Issues organized by the International Atomic Energy Agency. Stockholm, Oct.20-24, 1980. Vienna, IAEA, 1981. Vol. 2, p.325-314 **IAEA-CN-39/4.** STI/PUB/566.

13) Kraftwerk Union AG, «Feasibility study for Comisión Nacional de Energía Atómica, Buenos Aires, Argentina». Development of a D_2O - Reactor System for a Nuclear Power Plant in the range of 350 to 600 MWe based on the Reference Plant Atucha I. Jus. 1978. 4 vol.

14) International Atomic Energy Agency, Vienna (Austria) «Design for safety of nuclear Power Plants. A Code of Practice» Vienna, IAEA, 1978. **Safety Series n°50-C-D.** 43p. STI/PUB/516. «Governmental Organization for the regulation of Nuclear Power Plants. A code of practice». Vienna, IAEA, 1978, **Safety Series n°50-C-G.** 43p. STI/PUB/502.

15) Argentina, Decreto N°1337, 8-7-1980. «Se aprueban diversos contratos suscriptos entre CNEA y una empresa extranjera KWU para la construcción de la Central Nuclear Atucha II». Contrato de Suministros. Contrato de Servicios. Contrato de Garantía. Acuerdo de Accionistas. In Boletin Oficial. 23 Jul. 1980.

16) Comision National de Energia Atomica, Buenos Aires. (Argentina) Dirección de Centrales Nucleares. «Nuclear Power Plant. Atucha II. Preliminary safety analysis, Report». 1981. 11 vol.

17) A.J.Gonzalez, «Criterios de optimización para los sistemas de Instrumentación y control de centrales nucleares». In : IAEA-IWG/NPPCI Specialists' Meeting on The Effect of Regulatory Requirements on Nuclear Power Plant Control and Instrumentation Systems. Madrid, Oct. 4-6, 1977. Buenos Aires, CNEA, 1977. 23p. **CNEA-NT 28/77.**

And all this has been done not by starting from zero but by building firmly on proven engineering and commercial experience.

6.References

1) D.J Beninson and A.J.Gonzales, «Application of the dose limitation System to the control of releases of Carbon-14 from heavy water moderated reactors» In International Symposium on the Application of the Dose Limitation System in Nuclear Fuel Cycle Facilities and other Radiation Practices organized by IAEA, WHO, OECD/NEA, ICRP. Madrid, Oct. 19-23, 1981. 20 p. **IAEA-SM-258/53.**

2) D.J.Beninson, «Application of the dose limitation system to design». In International Conference on Nuclear Power Experience. Vienna, Sep. 13-17,1982. **IAEA CN-42/87.**

3) A.J.Gonzalez, «Un criterio para la evaluación de la seguridad nuclear». In Proceedings of a Symposium on Siting of nuclear facilities, jointly organized by the International Atomic Energy Agency and the OECD Nuclear Energy Agency. Vien na, Dec. 9-13, 1974. p.265-281. **IAEA-SM-188/52.** STI/PUB/384.

4) Gesellshaft Fur Reaktorsicherheit, «German risk study - main report. A study of the risk to accidents in nuclear power plants». A translation of phase A of the Deutsche Risiko studie Kernkraftwerke. A study sponsored by the Federal Ministry for Research and Technology. Palo Alto, California, Electric Power Research Institute, 1981. Technical editors Arthur W. Barsell and B. Wall. **EPRI NP-1804-SR.**

5) Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, (USA). Office of Nuclear Regulatory Research. Probabilistic Analysis Branch. «Reactor Safety Study, an Assessment of Accident Risks in U.S. Commercial Nuclear Power Plants» U.S., NRC, Oct. 1975. Main Roport and 11 App. **WASH-1400 (NUREG 75/014). PB-248.201 to 248.209.**

6) Comision Nacional de Energia Atomica, Buenos Aires. (Argentina). Consejo Asesor para el Licenciamiento de Instalaciones Nucleares. «Criterios radiológicos relativos a accidentes». Buenos Aires, CNEA, 1979. 2 P.**NORMA CALIN N°3.1.3.**

7) Comision Nacional de Energia Atomica, Buenos Aires. (Argentina). Consejo Asesor para el Licenciamiento de Instalaciones Nucleares. «Análisis de fallas para la evaluación de riesgos». Buenos Aires, CNEA, 1980. 1 P. **NORMA CALIN N°3.2.2.**

8) International Commission on Radiological Protection, «Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Adopted January 17, 1977». **ICRP Publication 26.** Oxford, Pergamon Press, 1977. 53 p.**Annals of the ICRP. V.1 N°3,** 1977.

Starting with her last nuclear power plant (Atucha II, currently under construction), PSAs are integral part of the licensing process in Argentina. Specific probabilistic safety criteria have already been issued by the licensing board. The underlying qualitative safety criterion is : risk associated with abnormal conditions should be similar to the radiological risk posed by normal operation of NPPs. The Argentinian regulation is based on a limit-line where «annual probability of occurrence» of particular accident sequences is plotted against the effective dose equivalent delivered to the most exposed individual. Probabilities are understood in a «subjective» sense and span the range fronm 10^{-7} to 10^{-2}. Effective doses vary from 0.1 mSv to 10 Sv and are related to individual risk of delayed/acute death according to the ICRP recommendations. The shape of the limit-line is mainly defined by consideratios of equal radiological risk over different magnitudes of the effective dose equivalent.

On the other hand, the Argentine authority has enforced emengency criteria in relation to relocations after evacuation following a nuclear accident. After large accidents involving relocation of population groups, decisions would be required regarding permission to reinhabit evacuated areas or to continue the use of other areas. One component of these decisions can be based on optimization assessments, taking account of the residual contamination and the ensuing doses, and the cost of maintaining the counter measures as a function of time. The rationale of such optimization assessments and the procedures to obtain intervention levels from them has been presented. It follows that a projected dose of 0.1 Sv will usually not call for action.

All these criteria have been incorporated in the design of the indiginenous NPP ARGOS PHWR 380 which has been described in detail. The ARGOS PHWR 380 should be considered a realistic option capable of breaking through the current worldwide stagnation of nuclear power programme. This is so, because :

- As a medium size reactor, it offers the prospect of reduced financial impact, more involvement of domestic industry, lower indirect costs, simpler adaptation to electrical distribution networks and -possibly- easier public acceptance.
- Its design emphasizes economy in installation and operation; it reflects the worldwide experience achieved via its close relatives, the PWRS.
- It can generate byproducts efficiently without jeopardizing energy availability.
- It is not limited to the self-sufficient natural-uranium fuel cycle but can also be fuelled with optimized low enriched uranium assembies and even with the plutonium it generates. And last but not least,
- It offers the usual outstanding safety features of heavy water reactors, but with upgraded design features benefitting from the latest developments in the field of nuclear safety.

One of the most important advantages of the ARGOS PHWR 380 design is the possibility of early detection and location of potential leakages in the coolant and moderator systems. This is achieved by tritium detection, the most sensitive methode for this purpose, which can only be effectively implemented in this reactor type. Therefore, even the smallest leaks can be detected long before they can threaten the integrity of the primary boundary of the reactor systems. In case of leakage, the localization and further repair can be achieved with a minimum effort and at a very early stage.

- Vented containment

The ultimate lesson learned in the field oif nuclear safety is the need to ensure the confinement of radioactive material also in cases of severe hypothetical accidents involving core melt-down. For that purpose, ARGOS PHWR 380 was equipped with a venting system whose objective is preventing the disruption of the steel containment and the consequent uncontrolled release of radioactive materials into the environment that could occur in such an extreme case. Should the pressure increase unexpectedly within the containment, the venting system is designed to stabilize the pressure at a safe value by regulating the release of excess gases and steam into the atmosphere (see Figure 9). The design criterion is that the result of this hypothetical and extremely unlikely situation will be such that even the critical group of the population would not be exposed to projected doses higher than 0.1 Sv. This level of projected dose would not usually justify radiological intervention or counter measures.

In fact, the IAEA has recommended (for radiological emergencies) that «the level of projected dose liable to be received in the short term, below which evacuation is unlikely to be justified, wilkl usually be about an order of magnitude greater than the annual dose limits for members of the public» [45]. Since the applicable limit for unique situations is 5 mSv, such a short-term dose should be in the order of 50 mSv. An integrated dose rate -over the long term-of the order of 0.1 Sv should therefore not usually trigger radiological countermeasures. This is consistent with the policy of the Argentine authority (see Section 3) and with recent developments in the optimization of radiation protection concerning emergency measures [46].

5 - Conclusion

The use of probabilistic safety criteria in the regulatory process of licensing nuclear power plants is a reality in the Argentine nuclear power programme. The approach has shown to be feasible and practical. Furthermore, it allows for a rationalization of the regulatory decisions on the safety level of the plant. For judging the acceptability of the analysis result, the Argentine authority had to enforce a regulatory probabilistic safety criterion, which is based on a limitation of individual risks. This criterion is consistent with the philosophy of the dose limitation system used for radiation protection purposes and therefore allows for an equalized measure of the radiological risk on individuals resulting from the generation of nuclear energy.

- Special safety features

Finally, as an ultmate effort towards safety, ARGOS PHWR 380 offers some unique safety features, such as :

• High pressure heat sink

The reactor has a unique safety feature : its moderator system can be used to remove heat in a high-pressure mode. Under normal shutdown conditions, the residual heat can be removed via the steam generators -as in PWRs-, mantaining coolant recirculation either by operating the main coolant pump or by simple natural convection. And ARGOS PHWR 380 includes the additional possibility of using the moderator system as a high pressure heat sink. For this operation mode, the moderator is pumped from the bottom of the moderator tank, cooled in the moderator coolers and injected into the main coolant system. In an emergency core cooling condition, the moderator system serves also as a high pressure injection system. The necessary commutations for the different operation modes are performed automatically according to the already mentioned general design philosophy requiring that no operator action should be necessary within the first 30 minutes after any conceivable incident.

The high pressure residual heat removal (RHR) system is designed for high pressure and temperature. In all conceivable incidents, it can keep the reactor in a hot condition after shutdown as long as it is required or -if convenient- it can cool it down following a predetermined temperature gradient. All branches of the RHR chain are triply redundant and physically separated. Since the steam generators are also available for that transfer, the plant has two diverse, high pressure, highly available heat sinks for the different accident sequences which may need to be considered.

• Auxiliary and emergency power

One confirmation from the PSA of ARGOS PHWR 380 is that the power supply is in the critical pathway for risk. Accordingly, the auxiliary power supply has been designed to assure adequate reliability levels and a high degree of protection against interruptions. The system is divided into two diverse, redundant and independant systems, which are located in separate sections of the switchgear building. Moreover, in case of a common mode failure of the normal power supply, an emergency system takes over the feed of safety-related loads. This emergency power supply system is divided into three redundant systems, that are physically separated. Each of these systems comprises : one diesel motor generator, a non-interruptible AC bus bar and a DC supply with batteries, rectifiers and converters. The design also provides that, in case of a prolonged loss of power, the installation can switch an external transportable generator to the emergency power net.

• Leak detection

ARGOS PHWR 380 design to the achievement of these basic objectives in the most reliable manner, by means of the following measures, among other :

a) Passive engineered safeguards

To control the release of radioactive materials, several passive engineered barriers are provided : the fuel matrix, the fuel cladding; the closed and seal welded high-pressure boundary of the reactor coolant system; the spherical full pressure steel containment; the secondary concrete containment; and the annulus between the steel and the concrete spherical structures, which is exhausted by a specially designed system. But, even for the most unlikely accident sequence resulting in uncontrolled core meltdown, a special venting system for the reactor building is provided allowing for a controlled release through a passive filtering system (see next section). Increase of pressure within the steel containment beyond its design pressure is avoided, and thus its eventual disruption is prevented.

b) Active engineered safeguards

A wide spectrum of accidents and incidents was considered in the design. To keep the plant in a controlled state under these accidental conditions, active engineered safeguards are automatically actuated and controlled by the reactor protection system. They are designed to meet high reliability targets by means of : conservative and careful design; quality assurance and control; examination and in-service inspections; and inherently safe operating characteristics.

The active engineered safeguards are provided in a diverse manner and each diverse system is redundantly three-branched. Any one of these three branches is designed to cope with a given postulated accident sequence. This principle was also observed in the physical separation of sub-systems, thus avoiding consequent («knock-on») failures.

c) Defence-in-depth-concept

In addition to the instrumentation and control required for normal operation, a condition limitation system is provided, which acts between the normal feedback controls and the reactor protection system, keeping the plant variables within the range specified and enhancing not only the safety but also the availability of plant. This condition limitation system is also triply redundant.

The reactor protection system also triggers and controls the active engineered features. This is a self-controlling three-channel dynamic system. Reflecting the state of the art, the reactor protection system detects all dangerous deviations from the parameters and triggers all necessary counter-measures automatically. No manual action is required during the first thirty minutes after any incident. This provides additional protection against any tentative improper human action.

The result of this process is a design for the ARGOS PHWR 380 can be considered as-safe-as-is-reasonably-achievable. Again, it is more than a theoretical excercise : should ARGOS PHWR 380 have been designed with two moderator loops, it would have complied with the criterion curve of the individual-related PSC; however, a third loop has been added following a decision-making process aimed at safety optimization. Nevertheless, the optimization process will only come to an end when the full spectrum of site-related information is available.

- Deterministic safety criteria

ARGOS PHWR 380 also complies with all the deterministic criteria supplementing the probabilistic requirements described above, including the following :

- Compliance with deterministic requirements from the Argentine authority

These requirements include the following main features : general safety criteria in the design [35] (minimizing the consequences of any eventual failure); reactor core design [37] (ensuring safe operation during the whole lifetime of the reactor); residual heat removal systems [37] (ensuring that fuel elements shall not suffer damage); pressurized primary boundary [38] (preserving integrity under any operational, testing or failure conditions); fuel behaviour in the reactor [39] (minimizing the possibilities of activity releases); safety-related protection and instrumentation system [40] (considering all the tentative situations under operation and failure conditions); shutdown system [41] (ensuring reliable shutdown, under any conceivable conditions); containment system [42] (ensuring a proper activity confinement function); main electrical supply [43] (ensuring the necessary power supply for the protection, instrumentation and safety-related systems); and, a quality assurance system [44] (assuring the adequate quality of the NPP safety systems).

- Compliance with international safety standards, guides and recommendations

The ARGOS PHWR 380 complies -as a necessary but not sufficient condition for a safe design- with all applicable safety codes, standards, guides and recommendations issued by the International Atomic Energy Agency and, in particular, with those of the NUSS program [12]. ENACE is prepared to guarantee contractually the applicability of those regulations.

- Compliance with other deterministic criteria based on practical experience and current engineering judgement.

Obviously, ARGOS PHWR 380 complies with the conventional safety criteria intended to ensure safe reactor trip and long-term holding of subcriticality, as well as reliable residual heat removal, limiting the release of radioactive materials into the environment. Great emphasis was given in the

must be respected for any individual who might hypothetically be subject to accidental exposures from a NPP. This criterion is consistent with the philosophy of dose limitation for exposures assumed to occur with certainty. Since accidental exposures may result from several accident sequences, and it is difficult to be sure that all such sequences have been identified, about ten relevant sequences are being identified and an annual risk upper bound of one-in-ten-millions assigned to each. As each sequence may result in different doses, a criterion curve or limit line was used for the ARGOS PHWR 380 design : this is a relationship between the annual probability of sequence occurence and the expected individual dose, each point of the curve representing a constant level of annual risk equal to one-in-ten-millions. The criterion curve is shown in Figure 8 [6]. The ARGOS PHWR 380 design also complies with applicable regulations on failure analysis for PSA [7]. The CNA II design also complies with this limiting criterion [31].

However, the fact that ARGOS PHWR 380 complies with these individual -related PSC is a necessary but not sufficient condition for its safe design. Not even this advanced methodology for individual risk limitation is considered as enough to ensure a «safe» design from a probabilistic point of view. In fact, ensuring that no single individual will incur an unduly high probability of harm because of potential radiation exposure is not sufficient to ensure the appropriateness of the safety measures. They may need to be improved by taking an acceptably low probability of harm may still result in an unacceptable high expectation of harm.

The ARGOS MHWR 380 design, however, reflects the fact that, for exposures which have a very low probability of occurence, the use of the concept of expectation to reduce risks further, below the limits, is not straightforward (see section 2.3) [12]. The problem of comparing two or more engineering options, then, reduces to that of comparing different (mathematical) distributions of individual risks. There is also the additional problem of how to include, in the comparison process, quantities or preferences which may not be translated into commensurate units. Such preferences, which can be explicitly accounted for in the ARGOS PHWER 380 design process, may include : the degree of risk aversion for higher-consequence accidents, social costs for restrictions or inconveniences, and the degree of relative importance of the various possible manifestations of radiation health effects.

The problem in comparing these quantities, which are not directly and linearly comparable, can be solved in the process for optimizing the ARGOS PHWR 380 design by using utility functions and decision theory [34]. Preferences for quantities of differing types are expressed using a utility function which prescribes how the different types of quantites are to be combined for the purposes of comparison. The resulting utility functions are then processed by a decision mechanism so as to arrive at a «best-under-the-circunstances» (i.e., optimized) safety option.

- In areas without restrictions, the concentration in air of radionuclides must be lower than 0.1 of the Derived Air Concentration (DAC) (or the concentration of radioactive materials in air which would expose workers to the recommended limits).
- No individual may be exposed to concentrations higher than 0.1 DAC and, in any room where this concentration may exist, specific protection devices are provided.
- Maintenance and in-service inspection can only be performed at dose rates lower than 0.5 mSv/h.
- Normal repair can be performed with dose rates lower than 3 mSv/h, while infrequent repairs can be performed with dose rates lower than 12 mSv/h.

- For exposure of members of the public

- Design is constrained by a limiting annual dose in the critical group of 0.3 mSv. The collective dose commitment must not exceed 0.015 man Sv per Megawatt year of electrical energy generated.
- Effluents can be discharged to the atmosphere only through the stack. Provision is made for continous monitoring of the discharge of radioactive effluents into the environment in accordance with international recommendations.

Adherence to such limiting conditions implies, in practice, that ARGOS PHWR 380 includes particular radiation protection systems that are not commonly found. For instance, the design incorporates -inter alia- systems for the rethention of Carbon-14 and for on-line monitoring of tritium in the environment.

4.3.2 - Design criteria for potential accidental situations

- Probabilistic safety criteria

A unique feature of ARGOS PHWR 380 is that its safety design is mainly based on probabilistic safety criteria (PSC), which is a requirement from the Argentine regulatory authority [30]. A priori probabilistic safety analyses (PSA) were carried out at the design stage and their results fed back into the reactor design taking into account the most recent reliability figures and design criteria. Such analyses are not purely theoretical : they are substantiated by the experience gained with the CNA II safety design, which was also based on PSA [31]. Moreover, the PSA results are checked against quantitative PSC issued by the Argentine regulatory authority, which are in line with the most recent international developments in PSC [32], [33].

These requirements were used as an *a priori* comprehensive condition for design, rather than as an *a posteriori* confirmation of design compliance.

The limiting criterion is that an annual risk upper bound of one-in-a-million

techniques, it should also ensure that all risks to people be kept as low as reasonably achievable, well below the risk limit line. Additionally, it should comply with deterministic requirements including : reactor core design, residual heat removal systems, primary boundary, fuel behaviour, protection and instrumentation systems, shutdown systems, containment system, main electrical supply and quality assurance.

- It should reflect the lessons learned in the nuclear safety area. In particular, the power supply to safety systems should be highly reliable, sensitive early detection of coolant and moderator leakages had to be ensured, containment integrity should be assured under any conceivable circumstances and the radiological consequences of severe accident sequences -even those leading to core melt-down- should be mitigated.

Compliance with these criteria, coupled with the well-known intrinsic safety advantages of HWRs, makes ARGOS PHWR 380 a safer NPP option built on the basis of existing experience in nuclear engineering and industry.

4.3.1 - Design features for normal operation

The basic design criterion for normal operation of the ARGOS PHWR 380 is that it should comply strictly with the system of dose limitation recommended by the International Commission on Radiological Protection (ICRP) [8] and adopted -inter alia- by the International Atomic Energy Agency, the World Health Organization, the International Labour Organization and the Nuclear Energy Agency of the OECD [9]. The Argentine regulatory authority has implemented the ICPR system by issuing regulations on occupational exposure [28] and on limitation of releases [10]. The system's requirement for the optimization of radiation protection -which is still being implemented by the nuclear industry- has been applied to the design of ARGOS PHWR 380.

Radiation protection measures for the ARGOS PHWR 380 in normal operation are optimized to keep doses as low as reasonably achievable (the ALARA principle). Optimization is achieved by using internationally recommended decision-aiding techniques (such as cost-benefit analysis) [19]. Optimization is carried out under the constraint that the design should ensure -under any relevant circumstances- that the annual dose to exposed individuals be lower than the internationally recommended dose limits. During the design process, protection by technical means was preferred to that achievable by operational procedures.

The following design limits (note : limits, rather than objectives or goals) have been, in every case, respected :

- For occupational exposures

- Access to any area where the dose index may exceed 0.5 mSv/h is prevented by physical barriers.

The reactor building houses not only the nuclear steam supply system but also the refuelling equipment and a 12-year-capacity fuel storage pool. The pool could be easily enlarged to meet users' requirements, up to the whole lifetime of the plant. Compartments inside the containment are classified in two groups, taking into account the radiation levels expected during normal operation : equipment and operating compartments. The latter are accessible without restriction during normal plant operation.

- The reactor auxiliary building

Other systems containing radioactive materials are housed in the reactor auxiliary building. They include the coolant and moderator cleaning and upgrading systems, the nuclear ventilation system and all the equipment necessary for handling liquid and gaseous radioactive wastes. The building is subdivided into D_2O and H_2O areas, according to the types of systems. The relevant areas of the reactor auxiliary building, as well as the reactor building, conform the «controlled area» from the radiation protection point of view.

- Other buildings

Since all the other buildings form the so-called conventional part, no special requirements were needed for their design, except those mentioned in the description of the plant layout. However, it is worth mentioning that the switch-gear building -reflecting the importance to safety of the equipment it houses-is protected against external events and internally subdivided into three redundant modules.

4.3 - Why is ARGOS PHWR 380 safer ?

The basic safety criteria applied to the design of the ARGOS PHWR 380 are the following :

- It should ensure normal operation within the internationally recommended system of dose limitation [8] [9], which has been implemented by the Argentine regulatory authority [28] [10]; particularly, it should comply with the requirement of optimization of radiation protection.
- It should follow -as a necessary but not sufficient safety condition- all relevant international safety standards, guides and recommendations and, in particular, issued by the International Atomic Energy Agency [29].
- It should comply with the demanding Argentine nuclear safety requirements, which are based on quantitative probabilistic safety criteria [30]. In particular, it should comply -as a necessary safety condition- with the risk limit line or criterion curve discussed before (see Section 2.2. and Figure 9) [9], following specific probabilistic regulations on failure analysis [7]. Besides, through probabilistic safety assessment and decision aiding

- Refuelling

An operational advantage of the ARGOS PHWR 380 is that it is designed for automated on-load refuelling (see Figure 4). There is a single refuelling machine. The fuel assembly transport system is located within the reactor building and includes a fuel pool with a capacity which can be tailored up to the design life time of the plant. The refuelling procedure is monitored from the control room. A special feature is the possibility of inserting irradiated fuel assemblies into the core in the same way as fresh ones. This may include used fuel from other NPPs.

ARGOS PHWR 380 is also efficient generator of by-products. The fuel transport system can be used during full reactor power operation to remove specially designed fuel assemblies containing rods for cobalt-60 generation by irradiation. A production of $5.55\ 10^{16}$ Bq ($1.5.\ 10^{6}$ Ci) of cobalt-60 per full power year can be obtained, without jeopardizing energy availability.

4.2.2 - The balance of plant

- Plant layout

Some features determining the arrangement of the ARGOS PHWR 380 NPP buildings are : safety-related systems and components located in specific buildings protected against all relevant external events; clear definition of the controlled area; short piping and cable runs; easy access for construction to obtain a minimum construction schedule; a turbine building oriented so as to avoid the risk of turbine missiles to other buildings; and two physically separated cooling water intake structures protected against external events for the secured service cooling water system (see Figure 6).

- The reactor building

The reactor building (see Figure 7) consists of two concentric spherical structures. Its main purpose is to contain radioactive materials that, otherwise, would -in hypothetical accidental situations- be released into the environment. The internal sphere is metallic and has been designed to withstand the maximum pressure which might result from any conceivable loss of coolant or moderator accident. The spherical form was chosen as optimal, taking into account stress distribution parameters.

The steel sphere is -in turn- surrounded by an external spherical structure of concrete, which is intended to act as a secondary containment and as a radiation shielding, as well as to resist all relevant external events which might damage the inner containment. The space between the metallic and the concrete structures forms the reactor building annulus, where -in its lower part- the most important auxiliary systems are placed. Thus, they are located close to the primary system and to the reactor itself, and well protected against external events.

4.2.1 - The Nuclear Steam Supply System

- Coolant and moderator systems

The components of the reactor coolant system of ARGOS PHWR 380 are fully comparable in design and arrangement with those in similar PWRs (see Figure 2) : the reactor pressure vesel (RPV) is positioned vertically in the center of the system; two identical coolant loops, each comprising one coolant pump and one steam generator, are connected to the RPV radially. Additionally, there is the moderator system with three loops flowing the moderator from the moderator tank to the moderator coolers through moderator pumps.

The reactor coolant is heavy water (D_2O) flowing upwards by the coolant channels and driven through the steam generators by the main coolant pumps. The moderator is also D_2O. Under normal operating conditions, the moderator flow inside the moderator tank is directed upwards and driven through the moderator coolers by the moderator pumps. The moderator system has also an important safety function (see description under «Why is ARGOS PHWR 380 safer?»).

There is only a small difference between the pressures of coolant and moderator. Coolant channels need therefore be only thin-walled. As the coolant and modera-tor systems are interconnected, common auxiliary systems can be used to maintain the necessary water quality. The number of auxiliary systems is thus reduced to a minimum. The heat generated in the moderator by neutron moderation and heat transfer is equivalent to approximately 10% of the total energy, and is used to pre-heat the feedwater, thus enhancing the efficiency of the plant.

- Reactor Core

The design of the ARGOS PHWR 380 pressure vessel and core is similar to that of the Atucha reactor type (see Figures 3). The moderator tank contains 244 vertical fuel channels producing 1067 MW of thermal power and arranged in a triangular lattice array with a pitch of 27.5 cm. The fuel assemblies (one per fuel channel) are identical to those used in the Atucha design (37 fuel pins with an active length of 530 cm).

Hydraulically-actuated control and shutdown absorber rods are vertically inserted from the upper part of the vessel throughthe moderator tank. A total of 60 rods is used. Forty-five of them are shutdown rods allowing for quick shutdown and maintenance of safe long-term subcriticality, and the rest are power and power density control rods. A suitable selection of these vertical control rods provides flattening of the power distribution from the very beginning of the reactor operation, allowing the reactor to be operated at 100% rated power with a nearly fresh core. This system provides outstanding load follow-up capability of the reactor.

induced a severe crisis of credibility with respect to NPP safety, and have called into question many safety dogmas, such as that of the «maximum credible acident».

- Installation and operational economy : Ever-increasing investment and operational costs have made potential customers reluctant to embark on the use of nuclear energy [25].
- Utilization of energy reserves : Since fast breeder reactors will not be available as soon as it was originally expected, optimizing the use of indigenous uranium may become a critical issue in the medium term [26] [27].

All these factors were taken into account during the design of ARGOS PHWR 380 In particular, as far as safety is concerned, the ARGOS PHWR 380 :

- Fully complies with the demanding nuclear safety requirements of the Argentine national regulatory authority and -automatically- with all relevant international safety standards, guides and recommendations -notably, those issued by the International Atomic Energy Agency (IAEA).
- Follow the most recent developments in the field of probabilistic safety assessment and complies with quantitative probabilistic safety criteria, as well as with deterministic criteria.
- Reflects lessons learned in the nuclear safety area, particularly in relation to emergency power supply, leak-before-break monitoring, heat removal and containment integrity.
- Even for the most unlikely accidents involving core meltdown, measures are provided to mitigate the radiological consequences to reasonable levels.

4.2 - General description of ARGOS PHWR 380

ARGOS PHWR 380 uses a PHWR as a nuclear steam supply system (NSSS). The simplified flow diagram of the plant is shown in Figure 1. The design bears close re-semblance to standard pressurized (light-) water reactors (PWRs). The NSSS includes a reactor vessel and a reactor coolant system. The moderator system -a characteristic feature of HWRs- includes a moderator tank (similar to a calandria tank) within the pressure vessel and a moderator cooling system. The reactor is on-load refuelled and can be fuelles not only with natural uranium in its basic fuel cycle version but also with fuel elements resulting from several advanced fuel cycles. The balance of plant includes a reactor building, an auxiliary building and conventional buildings. The reactor, the reactor coolant and moderator systems, the refuelling equipment and the spent fuel pool are housed inside the reactor building. The main technical data of ARGOS PHWR 380 are presented in Table 1, together with data from CNA I and CNA II.

values of 0.05 - 0.1 Sv in a year were considered by the Argentine authorities. these values being consistent with the optimized results presented in this paper.

4 - Application in pratice : The design of Argos PHWR 380

4.1 - Background

A newly-designed 380 MWe nuclear power plant (NPP) equipped with a heavy-water reactor has been designed in Argentine following the safety and emergency criteria described before. Plants with heavy-water reactors have have been in commercial operation in Argentina since 1974. The new plant, named «ARGOS PHWR 380» (an acronym for «Argentine Offer of a Safer Pressurized Heavy-Water Reactor of 380 MWe»), is based on a heavy-water reactor of the pressure-vessel type (PHWR), although conceptually it could also house one of the pressure-tube type (PTHWR). It is medium sized (1125 MWth or 380 MWe) and reflects advanced boundary design conditions. It has a number of special features to assure its safety and economy in operation. It is based on technology, which was originally developed for the MZFR reactor in the Federal Republic of Germany [21]. In connection with a request from the Argentine Government [22], technical specifications were prepared for a medium-sized power reactor, drawing on Argentine experience in operating heavy-water reactors. This request was the genesis of ARGOS PHWR 380.

In the sixties, Argentina -a country with reasonable reserves of uranium ore-took the basic policy decision to develop an independent nuclear programme to meet a part of its domestic electricity demand. Argentina also decided to develop the industrial infrastructure necessary to permit the local supply of NPP software and hardware. Argentina's decision to choose a heavy-water reactor fuelled with natural uranium as the basis for its nuclear power programme reflected this policy.

The Argentine programme got under with the ordering of the 367 MW Atucha I PHWR NPP (CNA-I) [23] in 1967. This plant has been successfully operated sin-ce 1974. This plant was followed by the 648 MW PTHWR Embalse NPP, which has been in operation since 1982. Argentina's third NPP, Atucha II (CNA II) [24], is being built with another PHWR that will generate 745 MW. Argentina's experience in NPP operation has confirmed the safety, reliability and availability of heavy water reactors, and their efficiency in fuel utilization. It has also confirmed their main advantage : the fact that they allow countries with limited economic or technological resources to attain fuel cycle independence.

NPPs must now be designed taking into account various factors that were not sufficiently highlighted in the early days of the nuclear industry, such as :

- Nuclear safety : The accidents in Three Mile Island and Chernobyl have

where the interval of integration starts at τ. Except for very long-lived and persistent nuclides, the collective dose will then be

$$S = N \sum_i \frac{D_o^i}{K_i} e^{-k_i \tau} \tag{5}$$

3.4.Optimized relocation decision

Optimized protection would be obtained in conditions satisfying the following equation :

$$\frac{dX}{d\tau} + \alpha \frac{dS}{d\tau} = o \tag{6}$$

therefore,

$$K N - \alpha N \Sigma k_i \frac{{}_o^i D e^{-k_i \tau}}{k_i} = o \tag{7}$$

or

$$K = \alpha \Sigma \dot{D}_o^{ie^{-k_i}} \tag{8}$$

But, since

$$\sum_i \dot{D}_o^i e^{-k_i \tau} = \dot{D}_\tau \tag{9}$$

where D_τ is the dose rate at time τ resulting from all nuclides. Then, the dose rate at the optimized time for relocation is

$$\dot{D}_\tau = \frac{K}{\alpha} \tag{10}$$

Therefore, under the assumptions made in the paper, the optimized time for re-entry of evacuated people should be such that the dose rate at that time is equal to the ratio of the rate K for keeping evacuated an average person and the monetary value α assigned by the regulatory authority to the unit collective dose for the purposes of radiation protection.

3.5 - Use in Argentina

The Argentine regulatory authorities have selected a value of α equivalent to USS 10,000 per man sievert for purposes of optimization of radiation protection. The cost (additional to the usual cost of living) of maintaining evacuated an average person is estimated in the order of USS 100 per month per person.

Therefore, the optimum dose rate for deciding relocation in Argentina would be of the order of 10^2 Sv/month, if no other considerations -such as individual risk limitation- were taken into account.

It is interesting to note that, based on individual risk limitation criteria,

not be readily amenable to aggregation. However, in this paper, the cost-benefit approach will be explored, recognizing that it oversimplifies the problem.

3.3 - Cost-benefit analysis in the framework of relocation

Cost-benefit techniques for optimizing protection have been analyzed in detail by ICRP [19]. For situations of emergency planning, however, examples of application are scanty. An exception is the proposal for developing intervention levels is terms of the dose at which an action is required [20]. For the case of relocation decisions, no practical examples of the application of optimization appear to be available.

For relocation decisions, the two relevant variables in the cost-benefit procedure will be the cost X of continuing evacuation and the cost Y assigned to the radiological detriment avoided by such continuation. The protection parameter will be the time τ at which evacuation should be terminated and relocation accepted.

X will normally be proportional to time τ and to the number of people N who have been evacuated. Thus,

$$X = K N \tau \qquad (1)$$

where K is the cost to maintain evacuated an average person per unit time.

Since at low individual doses, the health detriment is proportional to the collective dose [2], in this paper, the cost of the detriment Y is also taken to be proportional to the collective dose S.

$$Y = \alpha S \qquad (2)$$

where α is the cost assigned to the unit collective dose.

On the other hand, the dose rate that an individual will incur as a result of the deposited contamination will be :

$$D = \sum_{i} \dot{D}_{o} i\, e^{-k_i t} \qquad (3)$$

where D_o is the rate at time zero and k is a decay constant, which takes into account not only the physical decay λ but also any other environmental removal of activity, both for each nuclide i involved.

Thus, the collective doses due to maintaining evacuation after a time τ will be the time integral of equation (3) multiplied by the number N of people involved.

$$S = N \int_{\tau}^{\infty} \sum_{i} \dot{D}_{o} i\, e^{-k_i t} dt \qquad (4)$$

measures. The ICRP has also recommended that «although optimization, as a component of the system of dose limitation, applies strictly to situations where the radiation source is under control, similar considerations can be used for planning some of the protective actions to be taken in case of an accident»[19]. This part discusses the policy of the Argentine authorities in relation to emergency criteria and, in particular the application of the optimization requirement decisions related to relocations after a nuclear accident.

Evacuation is the urgent removal of people from an area to avoid or reduce their exposure from high levels of activity due to radioactive materials deposited from the plume into the ground, following a large accident. Evacuation is adopted when it is expected that people will return to the area concerned an a foreseeable time scale. Relocation, on the other hand, is applied either to end the evacuation measure or to remove population groups from contaminated areas to avoid chronic exposure when return to the area is not contemplated at the time. The term «relocation», therefore, will be used in this paper under the context of «re-entry» into a contaminated area.

For relocation of population groups, decisions would be required regarding permission to reinhabit the evacuated areas or to continue the use of other areas. One component of these decisions can be based on optimization assessments, taking account of the residual contamination and the ensuing doses, and the cost of maintaining the countermeasures as a function of time. This section presents a rationale of such optimization assessments and the procedures to obtain intervention levels from them, and summarizes some applications of this approach in emergency planning in Argentina.

3.2 - The optimization requirement

After some time has elapsed since a nuclear accident occurs, the radioactivity level of the contamination that necessitated evacuation would have decayed sufficiently and the radiological harm avoided by maintaining evacuation may well not justify the efforts involved. Competent authorities must then decide whether to permit the reinhabitation of the evacuated areas, returning the people evacuated. For making the decision rational and consistent with radiation protection recommendations, optimization must enter in the decision process.

Several techniques have been proposed for implementing the optimization requirement. Cost-benefit analysis is a particular aggregative method which has been used. It assumes that : (a) the criteria involved are the costs of protection and of the avoided detriment; and (b) these costs can be expressed in monetary terms.

In relocation decisions, many factors should be considered before deciding when the evacuation measure must be terminated. Some of these factors may

condition of existence of identical entities) nor the empirical experience giving a frequency estimate. As a matter of fact, these two requirements may not exist in practice. Nevertheless, for the purpose of decision-making, it is legitimate to rely upon subjective probabilities depending on the experience and knowledge of those who make the estimate.[12].

The probabilistic safety criterion is being regulatorily used in Argentina for the first time in the licensing process of the Atucha II Nuclear Power Plant. Atucha II is being equipped with a pressure vessel reactor, fueled with natural uranium and cooled and moderated by heavy water. Although the reactor is based on the Atucha I concept, its power would double that of Atucha I and reach a level of 747 MW(e). The basic engineering of the reactor, therefore, is not identical to that of Atucha I and was not definitely frozen when the the reactor was shown to be feasible. [13].

After consultation with the regulatory authority, the local responsible organization (i.e., the organization having overall responsibility of Atucha II) [14] decided to include a clause requiring compliance with the probabilistic safety criterion in the contract with the supplier of Atucha II.[16] The supplier was contractually obliged to perform an appropriate risk analysis and responsible for accomodating the design of the reactor, feedbacking the result of the analysis, in order to meet the probabilistic safety goals.

A preliminary risk analysis was already prepared by the supplier and submitted by the applicant to the authority as a part of the preliminary safety analysis report of the plant.[16] The results were encouraging enough to ensure the release of the plant construction permit. The original predesign of the plant has already been modified as a result of the analysis, and some engineering safety features are still being improved.

Based on this experience Argentina has designed an indigenous reactor with oustanding safety features. This design will be discussed latter in this paper (see section 4).

3 - Emergency criteria

3.1 - Background

The Argentine authority has a number of requirements for dealing with nuclear emergencies. The more relevant to be considered in the disign of nuclear installations is the authority's criteria for relocation after evacuation. This has been developed as an extension of the requirement that call for the optimization of radiation protection and it is described hereafter.

Optimization oif radiation protection is a basic requirement of the dose limitation system recommended by the International Commission on Radiological Protection (ICRP) [8]. The optimization requirement applies to all situations where radiation exposures can be controlled by protection

related mathematical expectation of collective dose commitment, for quantifying the impact from accidental exposures is really appealing. The concept would allow for optimizing safety [17,18], increasing it to a sufficiently high level that further improvement would not be worthwhile taking into account both, the benefits achieved in terms of expected collective dose commitment reduction and the cost of obtaining such reduction. However, it has been demonstrated [12] that, at very low probabilities, the detriment will lose its usefulness as a basis for decision-making. In fact, in such cases the standard deviation of the result may be orders of magnitude higher than the actual expectation and the coefficient of variability would become very large. The detriment is then no longer a central measure of the distribution of harm and, in addition, the uncertainty of the detriment becomes too large to make it meaningful, even if the probability as such could be estimated by safety essessments with an accurate degree of certainty.

On the other hand, the use of the expected total impact, for safety optimization purposes, requires the assignment of a certain cost to the resulting detriment. This would be a very controversial issue. For the reasons stated above, if the postulated failure is of a stochastic nature and not very unlikely, the product of probability times the cost of the consequences could be used as a reasonable quantity in the optimization procedure. At very low failure probabilities, the inherent uncertainty of the product of probability and consequences makes the use of this quantity rather doubtful. In the general case, the value assigned should follow an utility function of probability and consequence. The utility function should probably give more weight to larger accidents than would be implied by the direct product probability times consequence.

If the use of the above mentioned utility functions were enforced, the safety of nuclear power plants could be further improved on a rational basis by optimizing the nuclear safety systems. This problem is being carefully studied by the Argentine authority. Although, the authority has not yet issued any norm, criteria or rule on this matter, the basic concept of safety optimization has however been implemented in practice (see Section 4).

2.4 - The regulatory use of the probabilistic safety criterion

The regulatory use of probabilistic analysis in nuclear reactor safety has been criticized on various grounds, among them on that of the potential lack of reliable statistical data for assessing probabilities. When statistical data are not available and cannot be extrapolated, the Argentine authority is using the concept of probability as one of subjective probability (or degree of belief) provided by «engineering judgement», rather than as a classical game of chance or as a frequency probability, provided that, in any case, the assessment complies with the requirement of coherence. [11] The probabilities used for the safety assessment would therefore not require symetry (i.e., the

philosophy of the dose limitation system, will not be exceeded. It fails, however, to answer positively the old question of the safety engineers; v.g., is such safety level safe enough as to preclude further safety improvements ? A nuclear power plant complying with the criterion would be licenciable, both if it is sited in a desertic region, where it would impose risks (lower than the «acceptable» one) to few individuals, and if it is sited in a densely populated area where many individuals would incur such risks. If an accident does occur, however, the overall radiological impact will be very different in each case, suggesting that safety level might be lower in the second than in the first one. Further safety improvements would be necessary in the second case if an equal expected impact is required. But, is this equalization really necessary, providing the individual-related criterion is met ? and, if so, on what basis can the equalization be determined ? The answers to these questions will allow for complementing the probabilistic criterion based on individual risk considerations alone.

After the ICRP recommended the use of the concept of detriment to quantify the impact from a source of radiation ewposure, there was a temptation to use a similar concept for measuring the expected impact from accidental exposures. [3, 17, 18] The detriment is an extensive quantity introduced by the ICRP to quantify the combined impact of deleterous effects resulting from exposure to a given radiation source. [19] It is defined as the expectation of the harm to be incurred, taking into account the expected frequency and severity of each type of deletereous effect. The detriment incurred by one individual receiving a dose in the range of stochastic effects is proportional to the effective dose equivalent incurred; the proportionality factor being the probability that the individual will incur a deleterous effect as a result of the exposure. Therefor, in cases of actual exposures to low levels of dose, the total detriments is proportional to the sum of all individual effective dose equivalents incurred, i.e., is proportional to the collective dose commitment (this latter quantity results from the time integration of the collective dose rate, which, in turn, results from the integral of the population spectrum in terms of effective dose-equivalent rate incurred).

For potential exposures, the concept of detriment should keep its theoretical meaning although it would become a quantity of a second order of stochasticity. In such case, the probability of a given exposure, i.e., the combined probabilities of both, an accidental release and an environmental condition (dispersion, deposition), should be introduced in the formulation, and integrated over all possibilities. Then, if low doses were expected, the detriment should be proportional to the resulting mathematical expectation of the collective dose commitment. For higher doses, another component of the detriment should be added in order take into account the non-stochastic effects of radiation.

The idea of using the detriment of a second order of stochasticity, ând the

prevent individual exposure due to several sources from exceeding such limit. Different upper bounds have been used for nuclear power plants in various countries by the local competent authorities. In Argentina, a regulation controlling the release of radioactive effluents from nuclear power plants establishes a dose upper bound of 0.3 mSv per year [10] (Optimization of radiation protection is an additional mandatory requirement in the Argentine regulations, so that -in practical cases- the actual highest individual dose has resulted to be far lower than the upper bound). Therefore the *de-facto* annual limit of individual risk due to radiation exposure from nuclear power plant operations accepted by the Argentine authority became 0.3 10^{-5}.

On the basis of the above limit and taking into account the uncertainties usually involved in probabilistic safety assessments, the Argentine authority has estimated that an annual risk limit for accidental exposures from nuclear power plants of the order of 10^{-6} would be consistent with the philosophy involved in the currently enforced system of dose limitation. This limit came to be the safety goal for probabilistic safety analysis of nuclear power plants in Argentina.

Accidental exposures may arise from a theoretically infinite number of accidental sequences, each one having a given probability of accurrence and delivering a given expected dose to the most exposed individual. The actual risk incurred by this individual will then result from the integration of the tail distribution of doses (i.e., the complement of the probability function of doses) times the probability of death provided the dose is incurred. The safety objective should therefore be that the value of this integral be lower than the annual risk limit; i.e., lower than 10^{-6} annum^{-1}.

The assessment of all possible accidental sequences is extremely difficult and practically impossible. Therefore, the Argentine authority is satisfied if only a ten of relevant sequences is identified, and has assigned them an annual risk limit of 10^{-7}. Since each sequence may result in different doses, a criterion curve was adopted, which is a relationship between the annual probability of sequence occurrence and the expected individual dose, each point of the curve representing a constant level of risk. The criterion curve enforced by the Argentine authority is shown in Figure 8.

It should be emphasized that the Argentine Norm 3.1.2. is individual-related; i.e., it is intended to limit the risk-rate on the individual incurring the highest risk, but does not take into account the overall expected impact from accidental situations in the nuclear power plant. This problem will be further discussed later.

2.3 - Complementary criteria

The probabilistic safety criterion presented before assures a level of safety which is sufficient to ensure that an individual risk limit, compatible with the

- The failure analysis shall consider the maintenance and testing procedures, and the time interval between successive maintenance and testing actions.
- A failure rate postulated for human actions shall be justified taking into account the complexity of the task, the stress involved and any other factors which might influence that failure rate.

iii) The doses on the critical group, that would result from the release of radionuclides due to a failure or failure sequence, shall be assessed by accepted methods. (For the purpose of the norm, the critical group is defined as a group of people, neighbour to the nuclear power plant, sufficiently homogeneous with regard to the doses expected to be incurred, and representative of the most exposed individuals in case of an accident.) The assessment shall take into account the meteorological conditions of dispersion at the site and their probabilities. The assessment shall not take into account the eventual application of countermeasures, even if they are forecasted in emergency planning.

iv) The annual probability of occurrence of any failure sequence, if plotted as a function of the resulting effective dose equivalent assessed as indicated above, shall result in a point located outside the non-acceptable area of Figure 8.

The implicit basic safety goal of the above mentioned norms is a risk limit derived from the dose limitation system used for radiation protection purposes (the term risk is used in this paper to mean the probability of occurrence of an event and not the mathematical product of such probability times the consequences resulting from the event; in the context of this paper the individual risk is the probability that a given individual will incur a deletereous effect from radiation). This system, recommended by the International Commission of Radiological Protection (ICRP) [8], is widely used by almost all national authorities and international agencies. [9] The system includes three major requirements : two of them are source-related (v.g., justification of any practice involving radiation ewposure and optimization of the related radiation protection) and the other is individual-related (v.g., the limitation of the highest dose that the most exposed individual may incur). The latter implies that the risk level due to the individual radiation exposure from all sources should be low enough as to be automatically disregarded. Using the ICRP risk factor of approximately 10^{-2} Sv^{-1}, the current recommended dose limit of 1 mSv per year [8,9] implies an annual risk limit of 10^{-5} for any individual, even for the highest exposed one, as a result of performing all practices involving radiation exposure.

Since the dose limits relate to individuals, appropriate upper bounds for individual doses should be selected for each source of exposure. The dose upper bound must be sufficiently lower than the relevant dose limit, so as to

2.2 - Individual-related probabilistic safety criterion

The Argentine authorities issued a probabilistic safety criterion as Norm Number 3.1.3., «Criterios radiológicos relativos a accidentes» (Radiological criteria in relation to accidents) [6] and further clarified it by issuing Norm Number 3.2.2., «Análisis de fallas para la evaluación de riesgos» (Failure analysis for risk evaluation) [7] The main features of these norms are the following :

iii) The applicant for a nuclear power plant license shall identify the failure sequences which, in case of occurrence, will deliver a radiation dose to members of the public.

ii) The probability of occurrence of each failure sequence, as well as the corresponding activity of released radionuclides, shall be assessed by using event and fault trees, while taking into account the following criteria :

- The failure analysis shall systematically encompass all foreseeable failures and failure sequences, including the common-mode failures, the failure combinations and the situations exceeding the design basis. (Failure in this context means an alleatory event preventing a component from performing its safety function, as well as any other event which may additionally occur as a necessary consequence of such defficiency. Failure sequence, on the other hand, means a sequential series of failures which can, although not necessarily, occur after an iniciating event.)
- A failure or a failure sequence may be selected as representative of a group of failures or of failure sequences. In such a case, the failure or failure sequence to be selected from the group shall be that delivering the worst consequences and the analysis shall take into account the sum of the probabilities of the failure or failure sequences in the group.
- The analysis shall consider that a protection function may have lost operativeness either before the occurrence of the failure or of the failure sequence or as a result of such occurrence.
- The analysis of failures, of failure sequences or of any part thereof shall be based on experimental data as far as it is possible. If this cannot be done, the valuation methods must be validated through appropriate tests.
- The levels of failure rate assigned to the safe-related components, in the evaluation of the failure probability of systems, shall be justified. In case that justifiable values were not available for some of the components, the applicant shall use levels of failure rate prescribed by the licensing authority. If a given failure rate is justified on the basis of quality assurance, this must be specified in detail.

Notwithstanding, there are features in the programme that are particularly distinctive, considering the current world practice in this field. One of the relevant aspects of the programme is the full implementation of the radiation protection system of dose limitation; this feature has already been discussed in the bibliography. [1, 2] Another distinctive feature of the programme is the regulatory use of probabilistic safety analysis in nuclear power plants.

Probabilistic safety assessments were first performed by the Argentine authority for the evaluation of some engineering safety features of the Atucha I Nuclear Power Plant, at the beginning of the seventies. Although neither probabilistic safety goals nor spectific probabilistic regulations were established at that time, probabilistic assessments were performed for analyzing some safety systems of the plant. The assessments were intended to detect possible weak points in the safety structure of the plant, rather than to ensure compliance with a given relevant regulation.

At the same time, a proposal for a new safety criterion, based on a probabilistic approach and on the underlying philosophy of the dose limitation system used for radiation protection purposes, was presented [3]. The basic proposal was to use the available probabilistic tools, such as avent and fault trees, for an *a-priori* overall safety analysis of the nuclear power plant. A comparison could, therefore, be performed between the probability of occurrence of a hypothetical chain of events leading to an unexpected human exposure, along with its consequences -in terms of doses incurred- and a probabilistic regulatory criterion. The licensing authority would then be able to judge the safety level of the plant on the basis of a rational approach.

Contemporaneously with these local efforts, safety studies of ligh-water reactors, based on probabilistic methods, were published elsewhere. [4,5] These resulted, however, in *a-posteriori* assessments, intended to show that an already-built reactor would be sufficiently «safe» if compared with other sources of harm to the public. These studies were not regulatory-oriented, nor were they intended to feedback the reactor design with the purpose of increasing its safety level up to a given standard. Moreover, the value judgement on the study result was made from the current experience on conventional safety and sources of harm rather than from the reference framework provided by the radiation protection practice.

It should be emphasized that the proposals for using probabilistic safety criteria in Argentina were never aimed at performing the above type of «confirmatory» studies. Rather, their aim was encouraging the use of criteria liable to ensure *a-priori* the level of safety of the reactors by enforcing mandatory probabilistic safety objectives, derived from the system of dose limitation used for radiation protection purposes, and by obliging the license applicants to perform probabilistic safety analyses of the plant and confirm that those objectives were met.

Argentine Criteria on Nuclear Safety and Emergencies: their Impact on the Argos PHWR 380 Design

Abel Julio González

1 - Introduction

This paper presents to the consideration of the Academy of the Kingdom of Marocco the nuclear safety and emergency criteria applied in Argentina and their practical implementation in the design of an indigenous pressurized heavy water reactor of 380 MW(e) called AGROS PHWR 380.

The subject of the First Session, 1987, of the Academy of the Kingdom of Marocco is «Measures to be decided and dispositions taken in case of a nuclear accident». The ideal answer to the question provoked by such a subject would be : no radiation protection measures would have to be decided nor disposition taken for nuclear accidents. In fact, should any conceivable accident in a nuclear power plant (NPP) not require any measure to protect human health, an ideally safe nuclear power development would have been reached. This ideal situation is impossible in practice but it can be approached as near as it be reasonably achievable. This can be done with reasonable criteria on nuclear safety and emergencies and with the implementation of such criteria in the practical design of nuclear installations.

The paper describes first the safety criteria of the Argentine regulatory authority with emphasis on the probabilistic safety criteria. Then, it is presented a discussion on emergency criteria in relation to evacuation and relocation measures. Finally, the paper briefly describes describes the desigh of an Argentine offer for a safer heavy water reactor where these criteria are applied.

2 - Safety criteria

2.1 - Background

The Argentine nuclear safety programme is following the current world tendency, continuously improving the safety levels of nuclear power plants while still allowing the generation of energy by nuclear means.

En dehors même des accidents nucléaires, la greffe de moëlle est couramment appliquée dans les centres spécialisés de nombreux pays. Des mesures appropriées doivent être prévues qui permettront, en cas d'accident nucléaire, l'accueil et le traitement des victimes dans ces centres spécialisés et l'extension des moyens techniques du personnel mis à la disposition de ces centres.

Greffe de moëlle de donneur (allo-greffe).

La greffe de moëlle étrangère, de moëlle de donneur, a été rendue possible par deux découvertes majeures, l'une américaine, l'autre française.

La découverte américaine, due à Jacobson Lorenz peut être résumée par les deux formules suivantes :

1 - L'injection à une souris irradiée de cellules de la moëlle d'une autre souris peut empêcher la mort due aux rayons.

2 - L'irradiation à doses mortelles permet la greffe de cellules d'une moëlle étrangère. C'est ainsi, en cherchant à protéger la moëlle osseuse contre les radiations, qu'on a découvert la possibilité de greffe de moëlle chez l'animal irradié.

La découverte française est celle de Jean Dausset, la découverte du système de groupes sanguins, de groupes tissulaires dits HLA. L'identité (ou une très forte analogie) du donneur et du receveur dans le système HLA est une condition essentielle du succès de la greffe de moëlle osseuse chez l'homme.

Le donneur identique peut être trouvé parmi les frères et sœurs de la victime ou grâce aux efforts faits en ces dernières années d'abord en Grande-Bretagne, puis en France et aux Etats-Unis sur les registres de donneurs volontaires qui généreusement se sont inscrits.

Greffe de la moëlle de la personne concernée (auto-greffe)

On sait, depuis plusieurs années, qu'il est possible de conserver la moëlle osseuse prélevée à très basse température pendant plusieurs années. Ainsi est devenue possible l'auto-greffe. En cas d'accident, c'est la propre moelle antérieurement prélevée qui vient au secours de la victime.

Indications respectives des deux méthodes.

Deux ordres de mesures doivent, en l'état actuel, être recommandées pour limiter les conséquences des accidents nucléaires :

1 - Prélèvement et conservation systématique de la moëlle osseuse des personnes professionnellement très exposées. Ce qui permet d'instituer très vite l'auto-greffe en cas d'accidents.

2 - Détermination préalable du groupe HLA du plus grand nombre possible de personnes pouvant être en danger si un accident nucléaire survient. Développement du recrutement des donneurs volontaires éventuels permettant d'espérer trouver sur les registres ainsi constitués un donneur compatible.

Radiations ionisantes. Accidents nucléaires. Moëlle osseuse :

De tous les tissus de notre corps, la moëlle osseuse est la plus sensible à l'action des radiations, la plus fragile. Les troubles de la santé provoqués par les radiations et, au pis, la mort nucléaire sont la conséquence des graves altérations de la moëlle osseuse.

Les désordres liés à cette attaque de la moëlle osseuse par le nucléaire peuvent être classés sous trois chefs.

1 — Anémie modérée, accompagnée d'une diminution modérée des globules blancs et des plaquettes sanguines.

2 — Anémie grave. La moëlle osseuse est détruite par les radiations. Il n'y a plus production de globules rouges, de globules blancs, de plaquettes. D'où la mort par anémie, par infection, par hémorragie.

3 — Leucémies qui ont le double caractère d'être inconstantes et retardées, pouvant survenir plusieurs années après l'accident nucléaire.

J'ai eu le triste privilège de soigner les premiers radiologues des hôpitaux de Paris morts de leucémie à une époque où les dangers des radiations étaient méconnus.

Et la plus illustre famille de physiciens français, la famille Curie a un palmarès glorieux et tragique : cinq prix Nobel, deux leucémies.

La connaissance des dangers, la mise au point de méthodes de protection efficaces a limité la fréquence de ces accidents. Je n'ai pas observé, depuis 20 ans, un seul cas de leucémie chez les radiologues. Ceci en temps de paix. A Hiroshima :

1° La fréquence des leucémies a été multipliée par sept.
2° Les leucémies ont surtout été fréquentes quatre à cinq ans après le bombardement.

3° Placés à égale distance de l'épicentre, les habitants d'Hiroshima, tantôt sont morts de leucémie, tantôt sont restés indemnes. Ce qui permet de supposer le rôle d'autres facteurs (virus, prédisposition génétique).

Accidents nucléaires et greffe de moëlle osseuse :

Les thérapeutiques dites symptomatiques (transfusions, antibiotiques) rendent service, d'une part lorsque les troubles sont modérés, d'autre part comme appoint dans les formes graves. Mais, dans ces formes graves, conséquences des accidents nucléaires, les seuls traitements efficaces sont les greffes de moëlle osseuse.

Les greffes, car il faut distinguer deux types différents selon que la moëlle greffée est une moëlle étrangère venant d'un donneur (allo-greffe) ou la propre moëlle du patient, prélevée et conservée avant l'accident (auto-greffe).

Accidents nucléaires et greffe de moëlle osseuse

Jean Bernard

La moëlle osseuse :

La moëlle osseuse est un organe original, quatre fois original.

1 — C'est un organe non pas compact, local, comme le foie et le cœur, mais un organe dispersé tout au long du squelette, conservant cependant, malgré cette dispersion, son unité de structure et de fonction.

2 — C'est un organe en constante prolifération, en constant et rapide renouvellement. Des cellules mères appelées cellules souches, ne cessent de former, et très rapidement, les globules rouges qui nous permettent de respirer, les plaquettes qui maintiennent l'équilibre entre thrombose et hémorragie, les globules blancs qui nous défendent.

A tout moment existent dans notre moëlle mille milliards de cellules. Tous les jours sont produits dans la moëlle 200 milliards de globules rouges, 10 milliards de globules blancs, 400 milliards de plaquettes.

3 — C'est en effet, et c'est là pour la greffe un caractère essentiel, l'organe qui fabrique les cellules dites immuno-compétentes, les lymphocytes chargés de reconnaître donc l'étranger et de le détruire.

4 — C'est enfin, et ceci nous concerne au premier chef aujourd'hui, un organe extrêmement sensible aux radiations ionisantes, au nucléaire.

La moëlle osseuse est depuis longtemps tenue pour un organe essentiel, fondamental, central, substantifique disait Rabelais. Mais sa fonction principale a été méconnue par les médecins pendant plusieurs millénaires. Seul peut-être Shakespeare : «Thy bone is marrowless, thy blood is cold».

Cette fonction principale de la moëlle osseuse, la formation du sang, a été découverte à la fin du XIX siècle par Ernest Neumann, habitant de Koenigsberg comme Emmanuel Kant. Ernest Neumann, comme Kant un siècle plus tôt, méditait au long des rues de sa ville et, comme Kant pour la Critique de la Raison Pure, dut longtemps combattre pour que ses propositions fussent acceptées.

cancérogenèse naturelle, et que pour l'U.R.S.S., au delà des 30 kms en question, sur 75 000 000 de personnes, le nombre des cancers à venir représente 0,5 pour 1000; c'est-à-dire que c'est absolument indétectable. Et là encore on se retrouve dans la même situation que pour les morts génétiques. On pourra peut-être faire une étude; on la fera peut-être parce que cela fera plaisir à certains. Cela rassurera beaucoup, mais on ne trouvera rien. Il est vraiment impossible de trouver dans une population qui développe spontanément entre 25 et 30% de cancer, 1/2 pour cent, 1/2 pour mille ou 1 pour mille de différence significative.

Je crois que je vous ai fait part de l'essentiel de ces réflexions sur les conséquences médicales. Peut-être auriez-vous l'occasion d'y penser, d'en discuter et de désapprouver les opinions, pas toujours très conformistes, que j'ai avancées.

Atomique Internationale. Alors se pose le problème intéressant, et qui me fait sourire : si on est persuadé qu'on ne trouvera rien du tout, pourquoi continuer à chercher ? Eh bien, je pense qu'il faut continuer à chercher quand même, parce qu'il y a dans tout cela un problème psychologique important. Il y a les «anti-nucléaire» dont on ne peut pas nier l'importance, et, si l'on ne fait rien, on ouvre la porte à toutes les contestations et à toutes les campagnes partisanes. C'est pourquoi, je pense que bien qu'on ait autre chose à faire de son argent dans la recherche scientifique, il faudra faire un suivi des irradiés proches de Tchernobyl, (entre 200 à 300 000 personnes) pour savoir ce qui va se passer.

En ce qui concerne les cancers, nous nous trouvons dans une situation qui est parfaitement codifiée sur le plan internationl grâce à la Commission Internationale de Protection contre les Rayonnements. J'ai une position assez particulière et qui n'est pas en accord avec les positions de cette Commission que je respecte beaucoup et dont j'admire d'ailleurs l'œuvre conduite depuis 1928 c'est-à-dire depuis qu'elle existe.

Le problème des Cancers induits par radiations se résume en une formule, ou plutôt en un postulat suivi d'une formule. Le postulat est ceci : les radio-cancers sont des phénomènes stochastiques, c'est-à-dire un choc, une interférence, un cancer. Si l'on augmente la dose, on ne modifie pas la gravité du phénomène initial, mais on augmente sa fréquence. Conséquence, il existe une relation quantitative de cause à effet entre la dose et le nombre de cancers induits. Et on admet, en général, un cancer pour cent hommes-gray. Alors là, je ne cache pas devant cet auditoire de choix, ma position : Le cancer stochastique est faux. Toute l'expérimentation animale montre que la relation entre l'incidence et la dose n'est pas linéaire. Je ne veux pas entrer dans le détail, mais permettez-moi un exemple, celui de la leucémie lymphoïde chez la souris. Si l'on donne à des souris, d'une race appropriée, la C57 Black, 100 rads (ou un Gray), sur 1000 animaux, on aura zéro cancer; si on donne 4 fois 1,5 gray, on aura 800 cancers. La relation entre 0 et 800 n'est pas une relation linéaire. C'est une relation à un seuil très important suivi d'une croissance beaucoup plus rapide que la croissance linéaire. Je pourrais multiplier les exemples. D'autre part, nous ne tenons pas compte ici de l'effet de la dilution de la dose, c'est-à-dire que toute l'expérimentation animale est faite avec des débits importants et des doses importantes. Là nous avons affaire à des débits faibles et des doses relativement faibles. Enfin, je pourrais conclure en disant que la radio-cancérogénèse n'est pas stochastique. Comme il faut bien faire quelque chose, nous allons l'admettre par besoin de simplification en attendant mieux. Mais sachant que d'une part c'est faux, et que d'autre part on surestime le risque (c'est-à-dire que toutes les estimations de cancers induits fondées sur cette relation très simple sont surestimées) on arrive ainsi, dans le cas de Tchernobyl, à des circonstances qui sont assez rassurantes.

En effet, si on considère les résultats, on trouve que dans la zone de Tchernobyl, le nombre des cancers à venir représente 1,6% de la

autres pays européens peuvent en faire autant, eh bien, le jour d'un accident, on met tout en collaboration pour ce traitement.

Enfin, je ne parlerai pas des autres acquisitions dans le domaine du traitement des blessés graves, notamment les greffes de moelle qui vont faire l'objet de la communication de Monsieur Jean Bernard. Par contre en ce qui concerne les accidents humains à long terme ce sont les conséquences géno-toxiques qui retiendront l'essentiel de mon propos. Celles-ci sont de deux types : les conséquences génétiques et les conséquences somatiques c'est-à-dire le cancer particulièrement. En ce qui concerne les conséquences génétiques, il ne faut jamais oublier les bases du problème qui sont, à mon avis, très succintement celles-ci : il y a environ 2000 maladies génétiques chez l'homme qui sont responsables d'une mortalité qui varie d'un point à l'autre de notre globe, mais qui tourne autour de 8% des morts humaines. Nous sommes d'accord sur ce chiffre. Nous sommes aussi d'accord sur la dose de radiations nécessaire pour doubler le nombre des maladies génétiques mortelles. Si l'on irradie les gonades masculines c'est de l'ordre d'un gray. Si ce sont les ovaires c'est de l'ordre de 10 Grays. Dans la race humaine, l'ovaire est à peu près 10 fois moins sensible à l'action mutagène des radiations ionisantes que le testicule.

Va-t-on assister à une augmentation des morts génétiques à la suite de l'accident de Tchernobyl ? Il faut bien se dire une chose, c'est qu'il y a deux types de mutations : Les mutations dominantes qui s'expriment rapidement et sont en général graves, mais qui sont très rares, et les mutations récessives beaucoup plus nombreuses, dont la moyenne est peut-être moins grave, et qui s'expriment tardivement. En moyenne, et sans rentrer dans les détails, on peut dire que les mutations récessives chez l'homme vont exprimer un effet phéno-typique mortel dans un délai de deux ou trois siècles. C'est dire qu'il est très difficile de mettre en évidence des décès génétiques manifestement dûs à une irradiation chez des individus qui ont survécu à celle-ci. D'ailleurs vous en avez un témoignage évident dans le fait que rien n'a été décelé à Hiroshima et à Nagasaki bien que, et cela il ne faut pas l'oublier, les survivants d'Hiroshima et Nagasaki étaient les gens qui avaient échappé à la dose mortelle d'à côté, c'est-à-dire qu'ils étaient immédiatement sous la dose létale. Ils ne pouvaient pas recevoir plus sans mourir. Eh bien, malgrè cela, il n'y a pas, jusqu'ici, d'évidence épidémiologique indiscutable sur l'apparition de morts génétiques dans ces deux villes.

Or, dans la population de Tchernobyl, il y a une grande différence, c'est qu'il y a eu la petite population irradiée à forte dose que nous connaissons, et puis il y a eu un espace, et puis les 135 000 personnes dont on vient de parler qui ont reçu, disons des doses moyennes, et puis, ensuite la grande campagne allant de Kiev à Gomel à 100, 120, 130, 150 km. Là c'est un autre problème. Ainsi non seulement, je pense qu'on ne trouve rien maintenant, mais qu'on ne trouvera rien par la suite. Et d'ailleurs, c'est une des conclusions de l'Agence

demande environ 120 jours pour être épuisée. Or, on n'a rien annoncé de tout cela (et je ne vous cache pas ma surprise) sinon que récemment on vient d'annoncer la mort du principal cinéaste, ou éventuellement des collaborateurs de l'équipe de cinéastes qui opéraient en terrain très chaud sur les lieux-mêmes de l'accident. Je ne serais pas étonné qu'il y ait eu une deuxième vague.

Il y a eu des enseignements thérapeutiques qui confirment ce que l'expérimentation sur l'animal avait appris : par exemple la bande des doses radioactives au sein desquelles la lutte thérapeutique a une chance d'être efficace est finalement assez restreinte. Au dessous de 2 Grays ce n'est pas la peine d'intervenir. Le sujet n'est pas menacé dans sa vie. Au delà de 10 à 12 Grays, ce n'est plus la peine d'intervenir, car actuellement nos moyens sont incapables de sauver le sujet atteint. Alors entre ces deux limites qui représentent à peu près trois octaves de dose, que pouvons-nous faire ? L'accident de Tchernobyl et les soins remarquables qui ont été dispensés aux principaux irradiés à l'Hôpital N°6 de Moscou confirment deux notions. La première est l'importance capitale de maintenir l'équilibre biochimique des éléments protéiques du sang, et notamment des acides aminés. C'est une chose très curieuse, d'aileurs on ne l'explique pas bien, que l'épithélium intestinal rendu perméable par l'irradiation, est inégalement perméable aux acides aminés du sang, si bien que les éliminations sont différentes et que les équilibres sont rompus, et qu'il est important, sinon indispensable, d'établir un bilan quotidien et de rétablir l'équilibre par une alimentation parentérale, elle-même déséquilibrée, mais qui va compenser ce qui s'est produit comme déséquilibre au niveau de l'intestin.

Deuxième notion : L'importance des suppléances au niveau des éléments figurés du sang. Toutes les transfusions d'éléments purifiés sont importantes pour rétablir ce qui part avec l'aplasie médullaire ; confirmée également, l'importance indispensable de la stérilisation du milieu : stérilisation des locaux, stérilisation des objets, de la literie et stérilisation alimentaire.
Ceci pose un problème important, c'est que dans la prévision des actions internationales il est impossible d'immobiliser l'équipement nécessaire aux traitements des victimes d'un accident important, disons de 100 à 200 personnes. Il est impossible d'immobiliser également un matériel stérile, notamment des locaux, des salles stériles, pendant un temps qui peut être considérable car la probabilité de ces accidents est très faible et pendant cette période-là, si l'on veut être en possession de ce qu'il faudrait le jour où un accident se produit, il nous paraît indispensable de créer une entente internationale pour que soient mis à la disposition des accidentés des locaux très divers que l'on peut gagner facilement grâce aux relations aériennes avec tous ceux qui procèdent à des hospitalisations stériles pour le traitement de la leucémie ou d'autres hémopathies malignes et avec ceux qui se spécialisent dans le traitement des irradiés. Il est évident que la France peut maintenir quelques dizaines de chambres stériles, mais pas quelques centaines, et si les

Les conséquences biologiques et médicales des accidents nucléaires

Raymond Latarjet

Etudier les conséquences médicales et biologiques des accidents nucléaires est un vaste programme. Je n'aborderai en ce qui me concerne que les conséquences médicales qu'ils requièrent, à savoir les décès d'une part et les maladies d'autre part. A Tchernobyl, il y a eu des décès très rapides et d'autres, plus tard ont suivi l'accident. Au total les soviétiques en ont annoncé une trentaine, avec toutefois une particularité, c'est que tous les décès ont été enregistrés à l'hôpital n°6 de Moscou. C'est que l'irradiation a été vraisemblablement associée à des brûlures et à des traumatismes, ce qui a compliqué l'interprétation de l'évolution des malades vers la mort.

D'une manière générale on peut dire, d'après les enseignements qui sont sortis de l'examen de ces malades, que dans un cas pareil il faut soigner la brûlure et le traumatisme avant l'irradiation. La raison que nous connaissions déjà, en est que les désordres consécutifs à l'irradiation peuvent attendre quelques jours, au moins une ou deux semaines, alors que les autres atteintes ne peuvent pas attendre. Cette notion est bien entrée maintenant dans la connaissance des spécialistes.

Ce qui m'a frappé dans l'étude de ces décès - notamment de leur chronologie telle qu'elle a été annoncée par les soviétiques à Vienne au mois d'août, l'année dernière - c'est que, contrairement à ce que les expérimentateurs et les radio-biologistes pouvaient penser, cette première vague de décès qui s'est écoulée entre 15 et 35 jours n'a été suivie d'aucune autre, du moins officiellement. Or nous savons bien d'après quelques accidents, chez l'homme, que les morts précoces sont dues essentiellement d'une part à des phénomènes infectieux, consécutifs à l'irradiation de l'intestin, laquelle supprime la barrière de l'épithélium intestinal, et d'autre part à l'aplasie médullaire qui diminue les défenses immunologiques de l'organisme. Ces morts sont proches et rapides, puis elles sont suivies, en général parmi ceux qui en ont réchappé, par des morts qu'on appelle hématologiques, plus tardives, qui proviennent elles aussi de l'aplasie médullaire, mais d'un processus qui touche plutôt la lignée rouge, laquelle

towards the conversion of arms industries from military to civilian production. And we should begin to redress some of the enormous imbalance between research on arms and research on arms limitation and reduction...»

I have enumerated the objections to the extreme nuclear winter hypothesis. On the other side, one may note that one important detail neglected by Carl Sagan and his collaborators was the effect of coal dust. «Many American and Russian missile ranges are located on coal-bearing strata. Large enough groundbursts in terrain of this kind could carry tens of thousands of tons of dust directly into the stratosphere in the rising fireballs». Thus, nuclear winter could after all be even worse than predicted by Dr.Sagan !

It may be that the issue of a nuclear winter is in doubt - only some two or three billions out of the total of 5 billion humans may die in case of such an ultimate nuclear accident, while life for the remainder may continue. But what life for the survivers, with scant and contaminated food, no medical facilities, no communications, no civilisation as we know it ! In this context, a most pertinent question has been asked by the United Nations Secretary General in his speech to the General Assembly on 12 December 1984, voicing the thoughts of all humanity and I shall conclude with this :

«As I look across this hall, I see the delegation of 159 member nations. Almost all the world's peoples are represented here. And all of them - all of us - live under the nuclear threat. As Secretary General of this organization, with no allegiance except to the common interest, I feel the question may justifiably be put to the leading nuclear-weapon powers : by what right do they decide the fate of all humanity ? From Scandinavia to Latin America, from Europe and Africa to the Far East, the destiny of every man and every woman is affected by their actions... The responsibility assumed by the great powers is now no longer to their populations alone : it is to every country and every people, to all of us.

«No idealogical confrontation can be allowed to jeopardize the future of humanity. Nothing less is at stake : today's decisions affect not only the present, they also put at risk succeeding generations. Like supreme arbiters, with our disputes of the moment we threaten to cut off the future and extinguish the lives of the innocent millions as yet unborn. There can be no greater arrogance. At the same time, the lives of all who lived before us may be rendered meaningless. For we have the power to dissolve in a conflict of hours or minutes the entire work of civilisation, with all the cultural heritage of humankind...

«At a time of uncertainty for the young and despair for the poor and the hungry, we have truly mortgaged our future to the arms race - both nuclear and conventional... (which) impoverishes the receiver and debases the supplier. Here there is a striking resemblance to the drugs trade. Yet we continue on the same course even when faced with the silent genocide of famine that today stalks millions of our fellow men and women. The international community has to focus and act on the link between disarmament and development. We should take concrete and far-sighted steps

Several years later, the Nobel Laureate, Dr.Luis Alvarez and his son, Dr.Walter Alvarez, began to develop a theory that blamed the extinction of the dinosaurs 65 million or so years ago on «a shroud of dust thrown into the atmosphere when an asteroid hit the earth». It began to dawn on Carl Sagan and his collaborators that «dust hurled into the atmosphere by nuclear explosions could have similar, or perhaps more severe, consequences. To the dust would be added sooty smoke produced by burning cities and forests.

The hard part of nuclear-winter hypothesis is not supplying the proof that the climate would be changed, but predicting, by how much. That the aftermath of a catastrophic nuclear accident would be inclement weather is certain». But a nuclear winter which lasts so long that it could snuff out all plant and animal life everywhere is something which could be disputed.

In 1983, Dr.Sagan and his collaborators predicted that a large-scale nuclear war would choke out the sun over the entire northern hemisphere. Temperatures would fall by 30°C, and would not return to normal for months or years. By then, the damage to plants and microbes could be irreversible.

Some scientists have disputed this because one cannot reliably predict :

(1) The amount of smoke : Fires spread unpredictably, and how much combustible material will catch fire can only be guessed at. «Cities contain mountains of inflammables (wood, tar, asphalt, rubber, plastics, solvents, oil, gas). The amount of smoke produced by a nuclear war is put at anything from 20 million to 650 million tonnes. The exact numbers are critical : the amount of light absorbed by the smoke would drop off rapidly as the size of the smoke-ball falls below 40 million tons».

(2) Where the smoke goes : «Beyond four kilometres up in the atmosphere there is little moisture and therefore little chance of smoke particles being washed out by rain. We do not know how high the smoke will be carried by the nuclear fireballs».

(3) The weather : «Rain is hard to predict. If a large volume of water vapour is blasted up with the bomb clouds, rainfall would probably increase, washing the atmosphere clean». Dr. Edward Teller has noted that the oceans could retain their temperatures for a long time even if the land cooled off. The top few metres of the ocean have the same heat capacity as the atmosphere and as surface waters cooled they could be heated up by deeper waters. The sharp temperature differences that would be created between land and sea would set off storms, rinsing out the smoke and may eventually return the climate to normal !

(4) Where the bombs go off : Different assumptions about targets produce different results. That is one reason why estimates for non-urban fires made by America's defence department and by Dr.Sagan differ.

week in advance of their mission which consisted of flying the armed bombers, subject to the fearful psychological pressures, exaclty like in the film of Dr.Strangelove. Things may have eased for these crews in the intervening years, but not for the submarine crews.

The recollections of this person's visit include coming across one of the most devastating understatement of his life : a long cylinder was being hauled out to be loaded onto a bomber. He asked the Colonel in charge what the cylinder contained. The Colonel said airily «It is a hydrogen bomb in the megaton range». There was some red lettering painted on the cylinder : He peered at it with curiosity. Drawing nearer, he saw that this red lettering said absolutely blandly; «Explosive». It was not even «High Explosive»!

What worries me is that in spite of the hot-line and the fail-safe devices, there is, according to the Sunday Times article, a residual permission given to the Commanders of these nuclear submarines to fire their lethal charges in the event that they suspect something and do not receive any response from their Headquarters.

This reminds me of the accidents at Three Mile Island and Chernobyl, which - in the words of Valery Legosof, the chief Soviet delegate to the IAEA meeting at Vienna, held for a post-mortem of Chernobyl - occurred because of the poor training given to the human operators; «The accident has dramatized the need for more intensive nuclear training of the plant workers.... The accident happened because of the human weaknesses of those operating the reactor : these operators overloaded the safety systems». I hope and pray that mankind can be sure that every one involved with nuclear weapons' deployment is free of all stresses and well-trained. I hope and pray that this aspect of human operators and their fallibility is not treated as cavalierly as the question of operators at the Three Mile Island and the Chernobyl was, through the false security bred by 25 years of accident-free operation.

Supposing though, through an accident, such a nuclear exchange as I have been talking about was initiated and did take place. Would the world end in ice or fire ? Both - as so many of the nuclear scientists believe. The fear is that a nuclear exchange could throw enough dust and soot into the atmosphere to blot out the sunlight that sustains life. This theory is now four years old and a part of the nuclear nightmare.

In the words of the correspondent to the London Economist, the theory emerged «serendipitously». In 1971, Dr.Carl Sagan and a group of fellow astronomers became intrigued by a thick dust storm on Mars. They noticed that, during the storm, the Martian atmosphere became abnormally **hot** while, at the same time, the surface of the planet became abnormally **cool.** The shroud of dust was being heated by the sun, but it reduced the amount of sunlight reaching the surface.

the average of 1/3 megaton TNT each - of which less than 1,000, if deployed appropriately, are known to suffice to destroy each of the USA and the USSR, and one thousand more of these in an indiscriminate nuclear exchange are likely to destroy the earth as a habitable planet - sparing no nation, nor any region of the world, because of a possible onset of a nuclear winter. Such is the overkill of to-day's nuclear arsenals.

I shall speak of a nuclear exchange happening accidentally and of the onset of nuclear winter which may descend upon this planet, extinguishing human life just as the dinosaurs were extinguished 65 million years ago. Thus, to speak of nuclear reactor accidents to-day and not of the nuclear weapon accidents, is false secuity. It is like the situation of a man falling from the 100th storey of a tall building. During his fall, he descends to the 70th floor and he says to himself : Nothing is so far happening to me. Then he passes the 30th floor, and he feels even more secure, though a little weary and shaken. This is precisely the type of security which human beings have come to feel at the moment in spite of Three Mile Island and Chernobyl.

My thesis is that like in the two accidents of the nuclear plants, which have been blamed on human operators who tampered with the engineering safety devices built into their reactors, the human element, particularly in the form of psychological stresses on those operating the nuclear weapons, could accidentally bring the world to a nuclear catastrophe.

I am encouraged to speak thus by an article recently published by the London's Sunday Times magazine, which gave a graphic description of life inside a nuclear submarine. These submarines can carry some 4,000 + 2,500 = 6,500 strategic war-heads. According to the SIPRI handbook for 1986, there are 62 Soviet nuclear submarines and perhaps 100 on the Western side, in the world's oceans, each one of them capable of destroying cities, the size of Paris, or Moscow, or Saint Paulo, or Calcutta. Collectively, the firings from these submarines could certainly unleash the nuclear winter I shall speak about.

In the Sunday Times article, we were shown the inside of one such submarine : the highly cramped space, one man on top of another; the claustrophobia; and the pressures which these men are subjected to during their long, cheerless and 'lightless missions at the bottom of the world's oceans.

Many of us also have seen a fictional movie which was made some while ago. - Dr. Strangelove and how he came to love the nuclear bomb - the insidious madness which grew over those who were dealing with these lethal weapons. I know from someone who, a score of years ago, was shown around one of the military installations, with an opportunity to speak to some of the young men who were due to fly nuclear armed bombers later. These young men had been incarcerated and segregated from their families, they were not allowed to listen to any news broadcasts and they lived in isolation for one

The Ultimate Nuclear Accident

Ahmad Abdus Salam

We are assembled to-day to consider nuclear accidents of civilian reactors and the dispositions which mankind should make in case such accidents happen in the future. Of the past accidents, two are especially remembered : the Three Mile Island accident in 1979 and the Chernobyl accident in 1986. According to Dr. Hans Blix, Director General of IAEA, the Chernobyl accident claimed thirty one lives - the largest fraction, 29, from radiation exposure with 203 persons hospitalized for serious radiation poisoning, with an expectation of 5,000 to 20,000 additional cancer cases in the Soviet Union over the next seventy years, and a similar number of possible cancer deaths in Western Europe. These numbers are insignificant compared with the six hundred million cancer deaths expected in the same period. A total of 135,000 persons had to be evacuated within 18 miles of the plant - but only temporarily. They have almost all returned by now.

When we speak of these accidents and their relative mildness - even compared to the Bhopal Chemical Plant disaster - we forget that the estimated energy equivalent of the Chernobyl explosion was only of the order of 1/10th of a kiloton. Compare this to the «Little Boy» atomic bomb dropped on Hiroshima, which had the explosive energy equivalent of 15 kilotons of T.N.T., and which killed or maimed 200,000 persons; while the present stock-pile of the world's nuclear weapons is of the order of 16 million kilotons. In other words, the devastation which could be caused by the world's stock pile of nuclear weapons, could be equivalent to 160 millions of Chernobyl-like incidents. Even without taking into account the direct deaths due to fire and blast - 70,000 killed in a flash in the case of the Hiroshima 15 kiloton nuclear bomb, to be scaled up by a factor of a million - and extrapolating only from the 29 radiation deaths which Chernobyl claimed, nearly 2/3 of the population of the five billion humans on the face of our globe could be wiped out by the present stock of nuclear weapons, if they were deployed in the Chernobyl mode.

As is well known, the number of nuclear weapons is now over 50,000 - on

Table 6 Concentration of ^{131}I and ^{137}Cs in milk

unit : Bq/l 1986

Location	Emei	Taiyuan		Suzhou	
date	5.22	5.23	5.23	5.29	6.7
medium	cow milk	cow milk*	sheep milk	cow milk	cow milk
^{131}I	11.5	1.46	32	9.5×10^{-2}	3.3×10^{-3}
^{137}Cs			2.1		

* milk from cows fed with dried herbage

Table 5 Concentration of radionuclides in vegetables

unit: Bq/Kg 1986

	Atomic Energy Intitute		Chengdu				Emei							Taiyuan	Suzhou	
	5.15	5.15	5.14	5.14	5.21	5.21	5.19	5.19	5.19	5.22	5.29	5.29	5.29	5.[illegible]	5.29	6.7
	radish leaves	grass	Chinese* cabbage	cabbage	Chinese* cabbage	cabbage	Chinese** cabbage	lettuce	fresh tea leaves	herbage	Chinese** cabbage	lettuce	fresh tea leaves	spinach	herbage	herbage
^{131}I	85	8.9×10^2	13	5.3	3.6	2.8	5.0	12	11	86	3.4	14		3.0	16	2.0
^{137}Cs	12	1.1×10^2	2.5	2.3	0.65	1.2	1.0	2.0	2.7	13	2.4	5.7		2.8	1.7	0.3
^{134}Cs	6.7	44	0.93	0.85		0.36								1.2		
^{103}Ru	18	1.5×10^2	3.2	3.0	0.89	1.6	1.7	3.4	4.4	21	3.9	9.1		2.0		
^{132}Te	7.7	25														
^{132}I	4.5	32	33	14												
^{95}Zr														1.0		
^{95}Nb			0.54	0.50										1.2		
140	7.9	44	3.1	2.9												
140	9.2	44												1.1		
^{99}Mo-^{99m}Tc		2.6														
^{106}Ru			3.8	3.5												

* Chinese cabbage with narrow leaves ** Chinese cabbage with broad leaves

Table 4 Concentration of radionuclides in surface water and in soil

		Taiyuan	Emei		Chengdu	Atomic Energy Intitute
Water (Bq/m^3)	Sampling Location	Yingze Lake	Nanba	Dining Room	Chengdu River	
	Sampling Date	5.16	5.19	5.20	5.24	
	^{131}I	70				
	^{137}Cs	30	5.0	2.2	1.1	
	^{90}Sr		6.0	7.1	8.0	
Surface Soil (Bq/Kg)	Sampling Location		Railway Bridge	High Way Bridge		Miyun Reservoir
	Sampling Date		5.19	5.29		5.15
	^{131}I					24
	^{137}Cs	1.4×10^{3}		2.4		5.6
	^{134}Cs	1.2×10^{3}				
	^{90}Sr		20.5	1.2		

Table. 3 Concentration of radionuclides in rain Water

unit: Bq/m^3 1986

Sampling location	Shenyang	Atomic Energy Institute, Beijing		Institute for Radiation Protection, Taiyuan			
Sampling time	5.14	5.10*	5.10**	5.4	5.8	5.18	5.25
rainfall (mm)	4.8	5.0	5.0	1.8	2.0	13.2	13.2
^{131}I	6.3×10^4	6.3×10^4	9.3×10^3	2.1×10^4	3.9×10^4	4.8×10^3	3.4×10^3
^{137}Cs	6.7×10^2	2.8×10^3	2.0×10^3	3.8×10^3	4.6×10^3	1.2×10^3	6.8×10^2
^{134}Cs	3.7×10^2			1.6×10^3	1.9×10^3	4.5×10^2	4.0×10^2
^{103}Ru	3.4×10^3	6.3×10^3	3.3×10^3	3.3×10^3	7.0×10^2	1.8×10^3	2.4×10^3
^{132}Te	3.7×10^2	2.7×10^3	3.3×10^3	2.9×10^3	2.1×10^3		
^{132}I	6.1×10^2	3.5×10^3	2.8×10^3	4.0×10^3	2.8×10^3		
^{95}Zr				1.3×10^3	9.4×10^2		
^{95}Nb							
^{99}Mo	1.3×10^2	8.8×10^2		1.2×10^3			
^{99m}Tc	1.3×10^3	8.8×10^2		1.2×10^3	5.3×10^3		
^{140}Ba				2.3×10^3	1.8×10^3		
^{140}La	6.3×10^2			1.7×10^3	1.4×10^3		
^{136}Cs				7.0×10^3	2.8×10^3		
^{129}Te							

* from the working area of Atomic Energy Institute ** from the living area of Atomic Energy Institute

Table 2.2 Concenration of radionuclides in fallout

unit: Bq/m² 1986

Sampling time	rainfall mm.	^{131}I	^{137}Cs	^{134}Cs	^{103}Ru	^{132}Te	^{132}I	^{95}Zr	^{95}Nb	^{140}Ba	^{140}La	^{141}Ce	^{136}Cs
		Lanzhou #1											
5.3-6		0.52	0.36	0.15	0.43								
5.15-18	6.0	0.38	0.28	0.11	0.47	0.49					0.12		
4.24-5.8	0.2	0.48	0.26	0.16	0.19	V	V	0.14	0.23		0.07	0.16	
5.8-19	12	3.4	0.16	0.03	0.65	3.2	0.72			4.2	3.3	0.37	0.55
		Lanzhou #2											
4.29-5.3					0.11							0.28	
5.4-12	0.3	0.54	0.42		0.07	0.38					0.10		
5.4-12	0.3	1.8	0.34	0.10	0.49	V					0.16		
		Shenyang											
5.1-13	17	9.6	3.6	2.0	5.2	2.1	1.8			2.0	1.8	0.30	0.33
		Qinshan											
5.3-9		0.91	0.20	0.05	0.22								

V: qualitatively detected

Table 2.1 Concentration of radionuclides in fallout

unit: Bq/m^2 1986

Sampling time	rainfall mm	^{131}I	^{137}Cs	^{134}Cs	^{103}Ru	^{132}Te	^{133}I	^{99}Mo	^{99m}Tc	^{95}Zr	^{95}Nb	^{140}Ba	^{140}La	^{141}Ce	^{144}Ce	^{136}Cs
		Atomic Energy Institute														
		Living area														
5.3-6		8.5	0.85	o.44	1.7	1.2	1.5	0.46	0.46		0.25		0.85	0.26		
5.6-10	5.0	27	4.4	2.0	4.4	3.0	3.6	0.34	0.34	1.3	1.6	3.9	3.0	0.96	2.4	0.74
		working area														
5.3-6		8.9	0.93	0.59	1.9	2.6					0.59	2.3	1.3	0.44		
5.6-10	5.0	14	4.1	2.9	4.0	3.0	3.5	0.36	0.36	0.76	0.59	4.8	2.8	0.61		1.3
		Institute for Radiation Protection, Taiyuan:														
5.4-7	2.4	8.9	1.4	0.62	1.4	12	1.1			0.96	1.2	1.5	1.3			
5.7-12	2.6	10	1.2	0.55	2.4	1.3	C.82			0.28		1.5	1.5	0.43		
5.22		0.68	0.29	0.14	0.28											

Table 1.5 Concentration of radionuclides in air

unit: Bq/m^3 1986

Sampling time	^{131}I	^{137}Cs	^{134}Cs	^{103}Ru	^{132}Te	^{133}I	^{99}Mo	^{99m}Tc	^{95}Zr	^{95}Nb	^{140}Ba	^{140}La	^{141}Ce	^{136}Cs	^{144}Ce
	Shengyang														
5.15	5.4×10^{-2}	1.6×10^{-3}	1.5×10^{-3}	3.4×10^{-3}									3.0×10^{-4}		
	Baotou														
5.6-16	5.4×10^{-2}	8.8×10^{-3}	4.5×10^{-3}	2.2×10^{-2}									2.0×10^{-3}		
5.17-23	1.7×10^{-2}	9.6×10^{-3}	3.9×10^{-3}	2.5×10^{-2}								4.7×10^{-3}			
5.24-27		9.6×10^{-3}		2.1×10^{-2}											
5.28-30		3.6×10^{-3}		6.7×10^{-3}											
5.31-6.3		1.9×10^{-3}													
	Lanzhou #1														
5.15-18	2.0×10^{-2}	8.8×10^{-3}	8.2×10^{-3}	2.6×10^{-2}											
5.19-22	4.2×10^{-2}	4.4×10^{-3}	2.7×10^{-3}	1.2×10^{-2}								6.3×10^{-3}	1.4×10^{-4}		
	Lanzhau #2														
5.4-6	3.6×10^{-2}	8.8×10^{-3}										1.7×10^{-3}			
5.3-7	1.8×10^{-3}	4.4×10^{-4}	4.0×10^{-4}	2.3×10^{-4}							8.2×10^{-4}	2.0×10^{-4}	2.4×10^{-4}		
	Qinshan														
5.8-10	5.6×10^{-3}	7.6×10^{-3}	3.6×10^{-3}	9.1×10^{-3}	4.5×10^{-3}	5.5×10^{-3}	8.4×10^{-4}	8.4×10^{-4}	5.6×10^{-4}	7.4×10^{-4}	2.9×10^{-4}	2.3×10^{-3}	3.6×10^{-4}	5.4×10^{-4}	$4.4\times10^{-}$
5.17-30	5.0×10^{-3}	2.0×10^{-3}	9.0×10^{-4}	4.3×10^{-3}	2.0×10^{-3}					5.2×10^{-3}	2.5×10^{-4}	4.1×10^{-4}	3.7×10^{-3}	1.9×10^{-4}	

Table 1.4 Concentration of radionuclides in air

Chengdu unit: Bq/m^3 1986

Sampling time	^{131}I	^{137}Cs	^{134}Cs	^{103}Ru	^{132}Te	^{132}I	^{95}Nb	^{141}Ce	^{106}Ru	^{140}Ba	^{140}La
5.7		6.8×10^{-4}		7.0×10^{-4}							
5.8		3.9×10^{-4}									
5.9	8.4×10^{-3}	2.3×10^{-3}	2.2×10^{-3}	3.6×10^{-3}		6.8×10^{-3}	1.1×10^{-3}	1.0×10^{-3}		4.2×10^{-3}	
5.10	5.6×10^{-3}	3.7×10^{-3}	1.9×10^{-3}	3.2×10^{-3}							
5.13	2.0×10^{-3}	3.1×10^{-3}	3.0×10^{-3}	9.8×10^{-3}	4.1×10^{-2}	5.4×10^{-3}					4.4×10^{-3}
5.14	3.1×10^{-2}	4.0×10^{-3}	4.7×10^{-3}	1.6×10^{-2}		5.6×10^{-3}				7.0×10^{-3}	4.4×10^{-3}
5.15	2.3×10^{-2}	2.7×10^{-3}	3.2×10^{-3}	1.1×10^{-3}	3.4×10^{-3}					7.1×10^{-3}	
5.16	2.1×10^{-2}	3.2×10^{-3}	3.5×10^{-3}	9.8×10^{-3}	4.4×10^{-3}				1.3×10^{-3}	1.1×10^{-3}	2.4×10^{-3}
5.17	1.7×10^{-2}	2.8×10^{-3}	3.3×10^{-3}	6.7×10^{-3}							
5.18	9.7×10^{-2}	1.5×10^{-3}	1.2×10^{-3}	6.0×10^{-3}							6.0×10^{-3}
5.19	3.1×10^{-3}	1.2×10^{-3}		2.7×10^{-3}	1.7×10^{-3}						
5.20		6.0×10^{-4}		7.7×10^{-4}							
5.21	1.7×10^{-3}	1.0×10^{-3}		2.0×10^{-3}							
5.22	2.6×10^{-3}	1.0×10^{-3}		3.9×10^{-3}							
5.23	4.0×10^{-3}	8.4×10^{-4}		3.4×10^{-3}							
5.24	3.7×10^{-3}	1.1×10^{-3}		3.6×10^{-3}							
5.27		3.8×10^{-3}									
5.29	1.2×10^{-3}	5.2×10^{-4}									
5.30	1.1×10^{-3}	4.8×10^{-4}		1.2×10^{-3}							

Table 1.3 Concentration of radionuclides in aire

Taiyuan unit: Bq/m^3 1986

Sampling time	^{131}I	^{137}Cs	^{134}Cs	^{103}Ru	^{132}Te	^{132}I	^{99m}Tc	^{95}Nb	^{140}La	^{140}Ba
5.4	6.6×10^{-2}	3.6×10^{-3}	2.4×10^{-3}		6.0×10^{-2}	7.4×10^{-3}	2.0×10^{-3}			
5.5	1.0	5.1×10^{-2}	2.4×10^{-2}	8.8×10^{-2}	2.2×10^{-2}	2.6×10^{-1}		4.4×10^{-3}		
5.6	[illegible]$.3\times10^{-1}$	1.9×10^{-3}	8.3×10^{-3}	3.2×10^{-2}	7.6×10^{-3}	3.0×10^{-4}		5.0×10^{-3}		
5.8	2.8×10^{-1}	1.2×10^{-2}	6.1×10^{-3}	2.0×10^{-3}	1.6×10^{-2}	3.2×10^{-2}			9.7×10^{-3}	
5.9	5.3×10^{-1}	2.4×10^{-2}	1.1×10^{-2}	6.5×10^{-2}	4.2×10^{-2}	2.8×10^{-1}			2.4×10^{-2}	1.1×10^{-2}
5.12	3.3×10^{-1}	2.2×10^{-2}	8.9×10^{-3}	1.0×10^{-2}	7.0×10^{-3}	5.4×10^{-3}			9.0×10^{-3}	9.2×10^{-3}
5.17	3.6×10^{-2}	1.9×10^{-3}	1.2×10^{-2}	3.8×10^{-2}	9.8×10^{-3}				1.2×10^{-3}	1.1×10^{-3}
5.18	3.0×10^{-3}	1.5×10^{-2}	7.2×10^{-3}	3.2×10^{-2}	6.8×10^{-3}				1.0×10^{-3}	9.0×10^{-4}
5.19	9.6×10^{-2}	1.4×10^{-3}	6.0×10^{-3}	2.8×10^{-2}						
5.21	8.7×10^{-2}	1.0×10^{-2}	4.4×10^{-3}	2.7×10^{-2}						
5.26	1.4×10^{-3}	5.0×10^{-4}	5.3×10^{-4}	6.0×10^{-3}						
5.30	1.4×10^{-4}	5.4×10^{-4}	1.0×10^{-5}	1.8×10^{-3}						

Table 1.2 Concentration of radionuclides in air

unit: Bq/m^3 1986

Sampling time	^{131}I	^{137}Cs	^{134}Cs	^{103}Ru	^{132}Te	^{133}I	^{99}Mo	^{99m}Tc	^{95}Zr	^{95}Nb	^{140}Ba	^{140}La	^{141}Ce	^{136}Cs	$^{89}Sr^*$
	Tong county, Beijing														
5.17	5.4×10^{-2}	3.0×10^{-3}	1.5×10^{-3}	3.7×10^{-3}	9.5×10^{-4}		V	V		1.8×10^{-3}		V	V		
5.18	3.3×10^{-3}	4.8×10^{-3}	2.7×10^{-3}	4.8×10^{-3}			V	V		2.2×10^{-3}		V	3.2×10^{-4}	2.0×10^{-3}	
5.19	4.4×10^{-2}	2.2×10^{-3}	1.8×10^{-3}	1.1×10^{-2}								V			
5.20	6.6×10^{-2}	1.4×10^{-3}	7.5×10^{-4}	1.6×10^{-3}	V		V	V		V			V		
5.21	1.5×10^{-1}	3.5×10^{-3}	2.1×10^{-3}	7.7×10^{-3}								2.8×10^{-3}	7.7×10^{-4}		
5.22	9.5×10^{-2}	3.4×10^{-3}	1.8×10^{-2}	8.4×10^{-3}			V	V							
5.23-24	1.7×10^{-3}	3.7×10^{-3}	1.6×10^{-2}	1.3×10^{-3}									V		
5.25-27	3.0×10^{-2}	4.8×10^{-3}	2.8×10^{-3}	2.3×10^{-3}					4.0×10^{-4}	3.2×10^{-4}	1.1×10^{-3}	2.8×10^{-3}	1.9×10^{-3}		
	Miyun reservoir, Beijing														
5.7 N	3.0×10^{-1}	1.8×10^{-3}	1.1×10^{-3}	2.2×10^{-3}	2.1×10^{-3}	1.9×10^{-3}	2.2×10^{-3}	2.2×10^{-3}			V				3.0×10^{-3}
5.15 D	1.4×10^{-1}	6.0×10^{-3}	2.8×10^{-3}	1.3×10^{-2}	2.2×10^{-3}	3.2×10^{-2}	5.8×10^{-4}	5.8×10^{-4}			V				
5.15 N	6.8×10^{-3}	5.3×10^{-3}	2.8×10^{-3}	6.9×10^{-3}	1.1×10^{-3}	2.5×10^{-3}	V	V				3.0×10^{-3}			

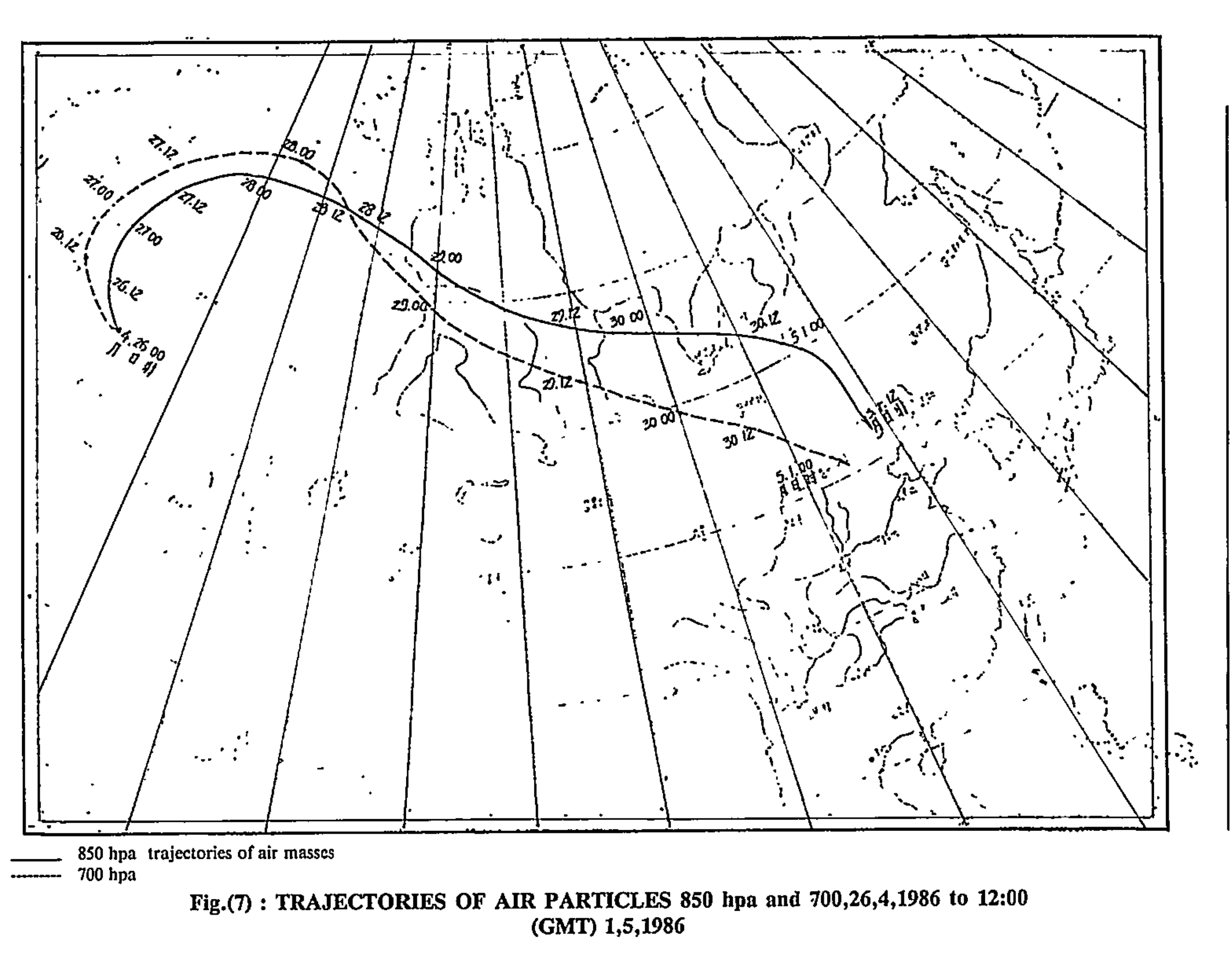
V: qualitatively detected N: sampled at night D: sampled during the day time

Table 1.1 Concentration of radionuclides in air

Atomic Energy Institute, Beijing — unit: Bq/m³ 1986

Sampling time	^{131}I	^{137}Cs	^{134}Cs	*^{103}Ru	^{132}Te	^{132}I	^{99}Mo	^{99m}Tc	^{95}Zr	^{95}Nb	^{140}Ba	^{140}La	^{141}Ce	^{136}Cs	^{144}Ce	^{89}Sr*
5.2 D	3.0×10^{-3}	1.6×10^{-3}	7.4×10^{-4}		1.7×10^{-3}											1.2×10^{-4}
5.3 D	6.0×10^{-3}	4.8×10^{-3}		2.1×10^{-3}	4.1×10^{-3}											1.9×10^{-4}
5.3 N	1.1×10^{-1}	4.4×10^{-3}	3.5×10^{-3}	1.7×10^{-2}	4.2×10^{-2}	5.6×10^{-2}	1.6×10^{-3}	1.6×10^{-3}		3.2×10^{-3}		3.7×10^{-3}				3.4×10^{-4}
5.4 D	7.2×10^{-3}	5.2×10^{-3}	1.9×10^{-3}	4.3×10^{-2}	7.0×10^{-3}		3.0×10^{-3}	3.0×10^{-3}		7.8×10^{-3}		9.3×10^{-3}	3.3×10^{-3}		3.3×10^{-3}	
5.4 N	1.1×10^{-2}	9.6×10^{-3}	5.6×10^{-3}	7.0×10^{-3}	1.5×10^{-2}	1.5×10^{-2}	V	V	3.0×10^{-3}	1.1×10^{-3}		5.6×10^{-3}	V			
5.5 D	2.0×10^{-2}	9.6×10^{-3}	8.1×10^{-3}	9.1×10^{-3}	1.4×10^{-2}	1.3×10^{-2}	V	V		2.5×10^{-3}			2.8×10^{-3}			
5.5 N	2.4×10^{-1}	1.4×10^{-2}	8.5×10^{-3}	2.5×10^{-2}	3.4×10^{-2}	3.0×10^{-2}	4.0×10^{-2}	4.0×10^{-2}		7.0×10^{-3}	5.9×10^{-3}	6.1×10^{-3}		3.2×10^{-3}		
5.8	2.9×10^{-2}	1.5×10^{-3}	8.1×10^{-3}	1.5×10^{-2}	1.7×10^{-2}	1.4×10^{-2}	V	V				8.5×10^{-3}				
5.13	2.7×10^{-2}	1.1×10^{-2}	5.9×10^{-3}	1.5×10^{-2}	4.4×10^{-3}	4.2×10^{-3}						3.7×10^{-3}	V			
5.15	1.3×10^{-2}	8.8×10^{-3}	4.1×10^{-3}	1.2×10^{-2}	2.6×10^{-3}	3.0×10^{-3}					2.0×10^{-2}	6.0×10^{-3}	V			
5.19	8.7×10^{-3}	6.0×10^{-3}	1.3×10^{-3}	9.8×10^{-3}							3.0×10^{-3}	2.8×10^{-3}	1.3×10^{-3}			
5.27	4.4×10^{-4}	2.7×10^{-3}	1.8×10^{-3}	1.5×10^{-3}												
5.30		4.0×10^{-3}		9.8×10^{-3}												

D, sampled during the day time N, sampled at night *, result by radiochemical analysis V, qualitatively detected



850 hpa trajectories of air masses
700 hpa

Fig.(7) : TRAJECTORIES OF AIR PARTICLES 850 hpa and 700,26,4,1986 to 12:00 (GMT) 1,5,1986

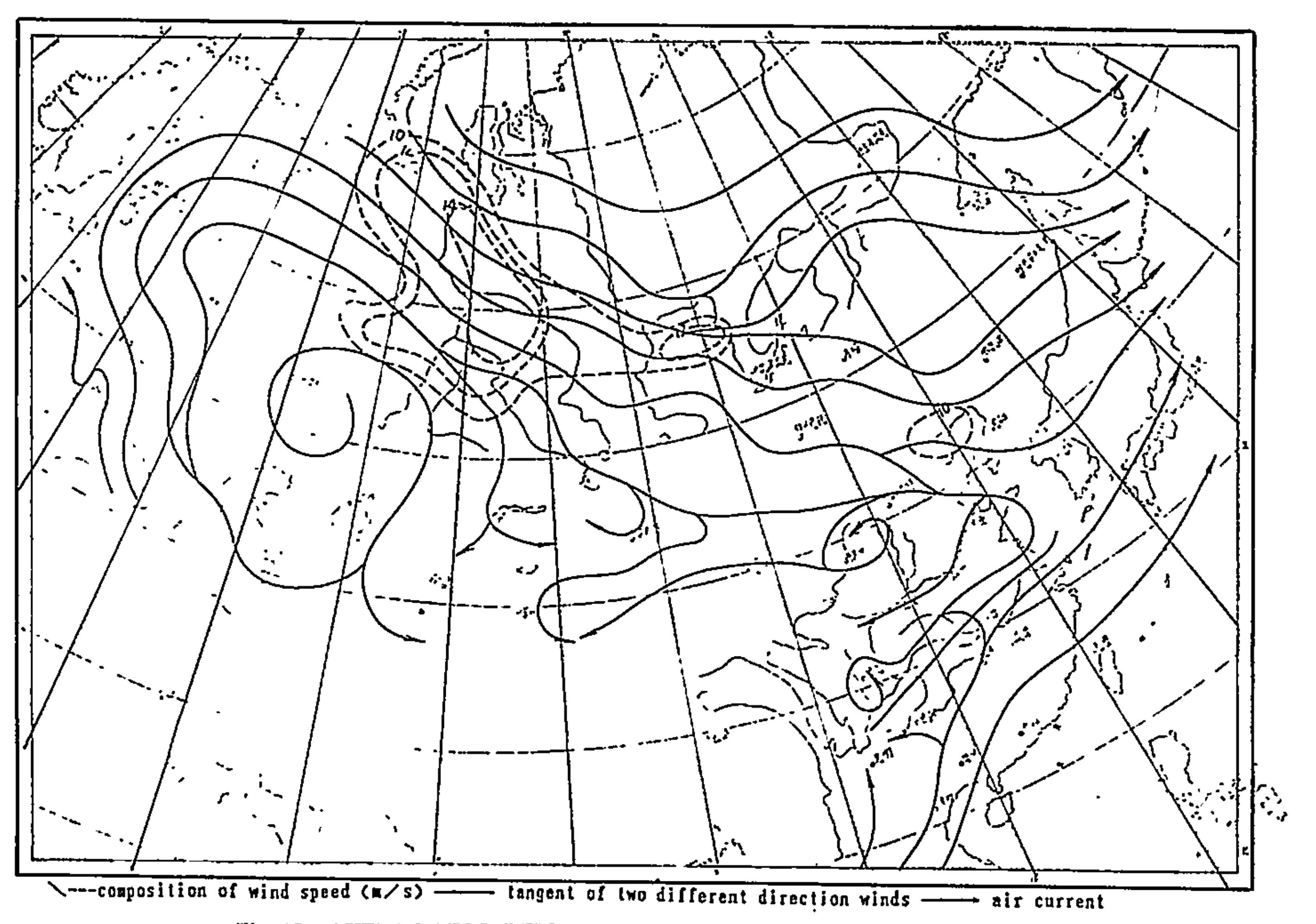
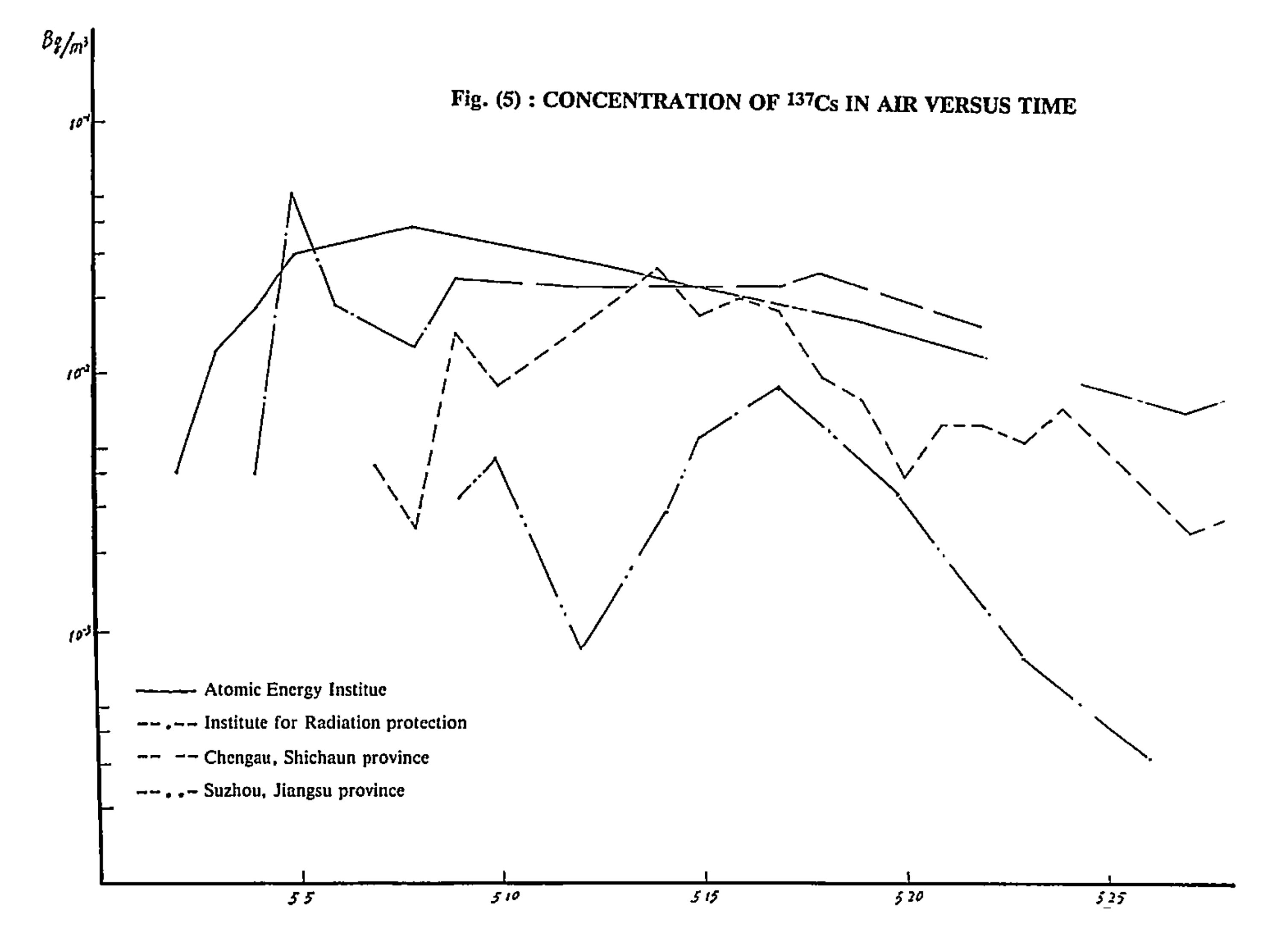


Fig. (6) : AVERAGE FLOW FIELD 850 hpa, OO:00 GMT, 26,4,1986 TO 30,4,1986

Fig. (5) : CONCENTRATION OF ^{137}Cs IN AIR VERSUS TIME



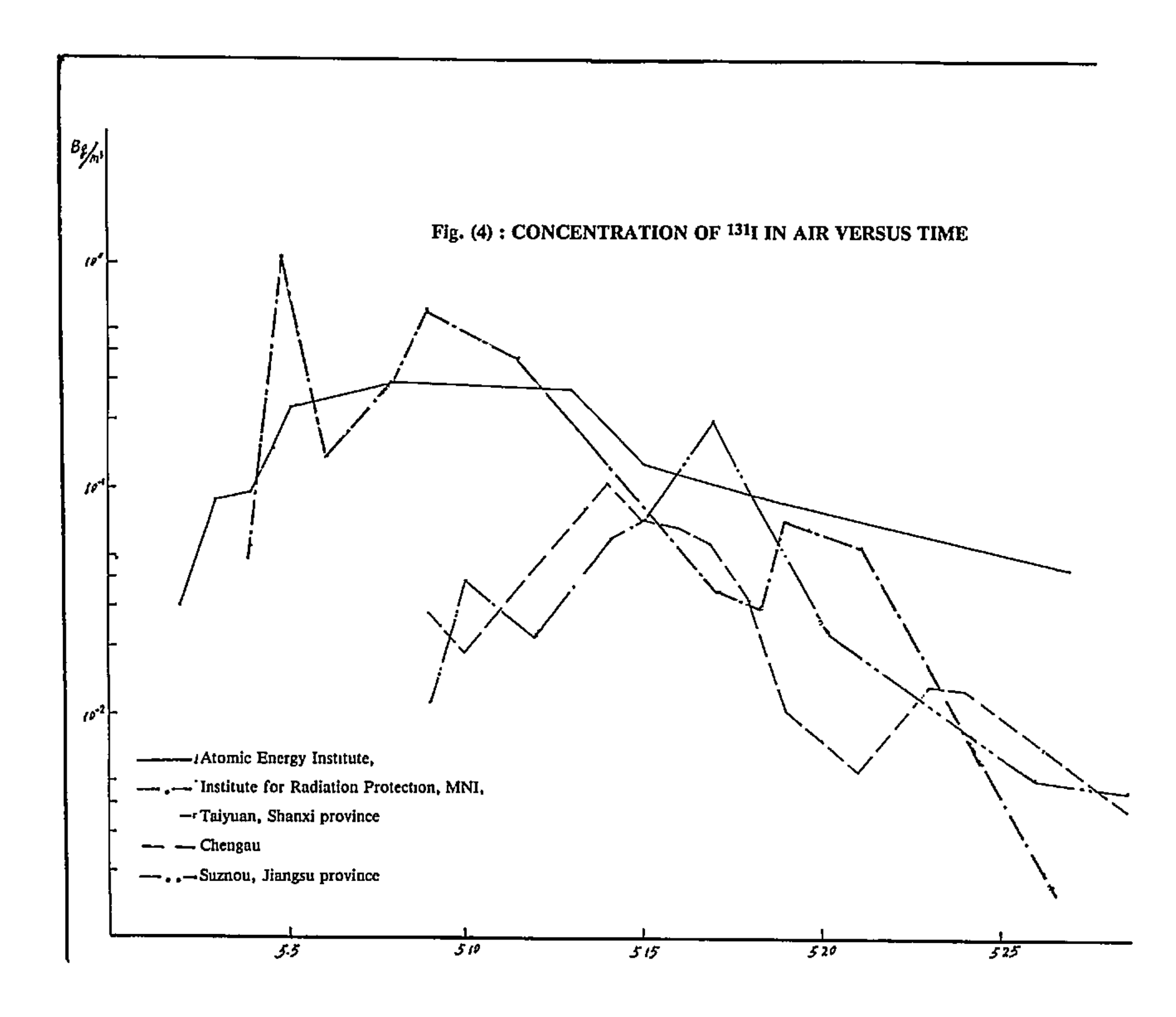


Fig. (4) : CONCENTRATION OF ^{131}I IN AIR VERSUS TIME

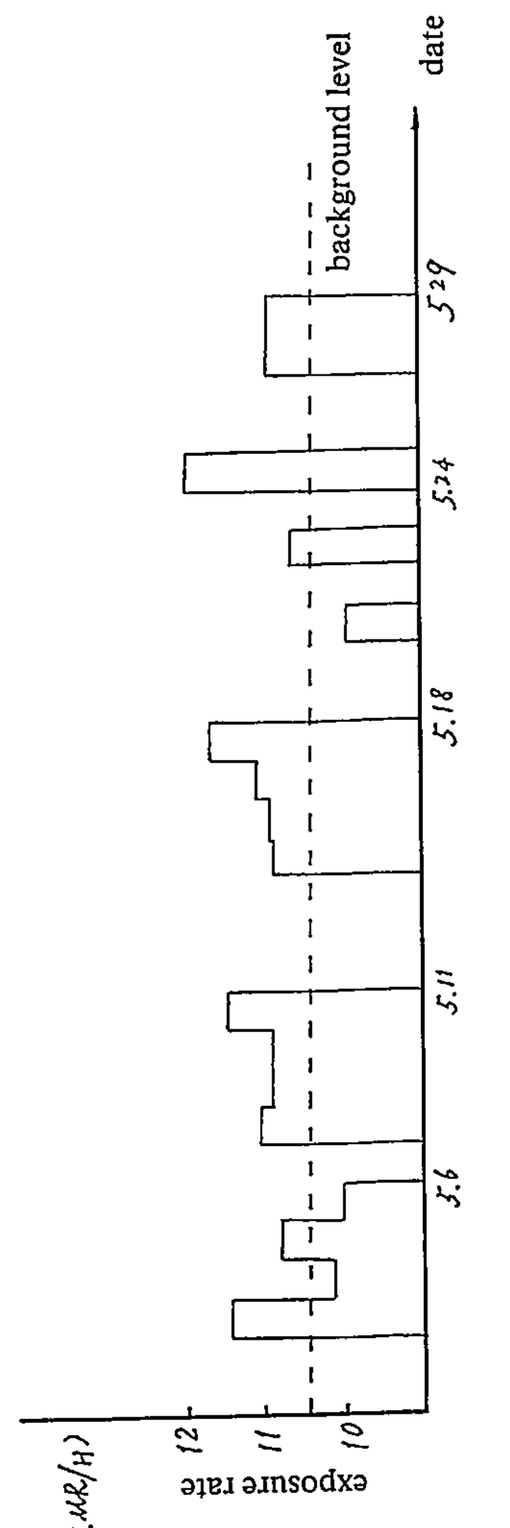


Fig.(3) : DAILY AVERAGE FIELD EXPOSURE RATE IN THE WORKING AREA OF INSTITUTE FOR RADIATION PROTECTION, MNI, TAIYUAN

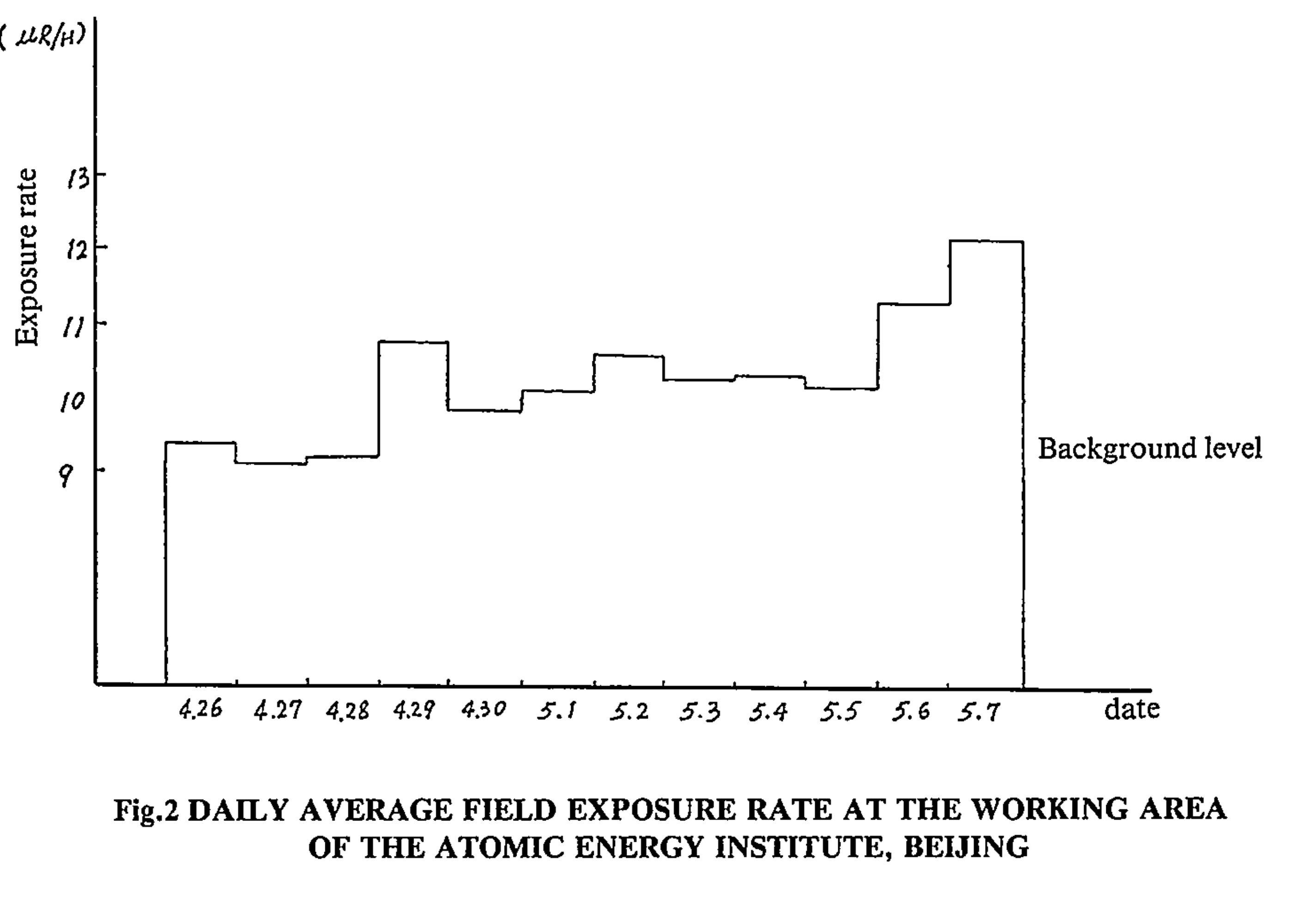


Fig.2 DAILY AVERAGE FIELD EXPOSURE RATE AT THE WORKING AREA OF THE ATOMIC ENERGY INSTITUTE, BEIJING



Fig.1 t Fig.1 The distribution of mornitoring points

different layers of flow field deviated from each other when they passed over. This explains the results of the measurement mentioned above.

(4) The principal radionuclides which cause larger doses were ^{131}I and ^{137}Cs. The main paths of conducting exposure to human body were vegetables, milk and the inhalation of contaminated air. Based on the data of environmental measurements, a preliminary assessment of internal exposure dose was made a month after the accident. The results showed that infants were the key residential group and the effective dose equivalent is about 1.0×10^{-4}Sv par person in 70 years on the average. In comparison, the effective dose equivalent received by children and by adults are 2.0×10^{-6}Sv and 1.3×10^{-6}Sv, respectively.

IV.Meteorological conditions during the days soon after the accident

The explosion which occurred in Unit 4 of the Chernobyl Nuclear Power Plant caused an air flow of high temperature, which carried large amounts of radioactive material released from the damaged reactor up to an altitude of more than 1000m. Large range air flows spread radionuclides over areas of medium and high latitudes in the Northern Hemisphere. The dispersion path and speed, the surface deposition and other factors were closely related to the meteorological conditions during the accident. By making use of sounding data in the area of Europe and Asia from 0:00 GMT 26 April 1986 to 12:00 GMT 1 May 1986, the Chinese National Bureau of Meteorology mapped the average altitude, the average flow field and the trajectory of air masses for the layers of 850, 700, 500 and 300 hPa. It can be seen in the daily altitude maps that there was no significant change in the upper air flow field from 26 to 30 April, so it is possible to make analyses by means of the average flow field of the above mentioned layers in those days.

From 26 to 30 April, the high pressure field over the area of the European part of USSR to the east of the Chernobyl Nuclear Power Plant prevented the airborne radionuclides from spreading into China. The trajectory of air masses started from Chernobyl, reached North-West Europe, and then changed its direction to pass over China by the dominant north-west and west flow. Fig.6 shows the average flow field at 850 hPa. Fig.7 gives the trajectory of air masses at 850 hPa and 700 hPa from 0:00 GMT 26 April to 12:00 GMT 1 May. As Fig.7 shows, the trajectories of air masses in both layer of 850 hPa and 700 hPa, which started from Kiev, are basically similar. They moved at first towards North-West Europe, then turned their direction to south-east, and finally reached the Northern China area situated in the latitude of less than 40°N on about 1 May. However, the trajectory of air masses at 850 hPa reached China later and laid to the north of the other trajectory. These results were in correspondence with those from environmental monitoring.

V.Discussion

(1) Radionuclides released from the nuclear accident which occurred in the Chernobyl Nuclear Power Plant in USSR were detectable in all parts of the country, but the concentrations were very low, much lower than the limits for the public. No protection or limitation measures were necessary.

(2) The concentration of radioactive aerosol decreased gradually from the north to the south. The maximum of concentration appeared on 5 to 14 May, earlier in the northern area and later in the southern area. Locality distribution and time distribution of the concentration in other mediums were roughly the same.

(3) Affected by meteorological conditions, the air masses moved a long way round and arrived in China about 4 days after the accident. Trajectories in

III.Environmental Monitoring for the Chernobyl Accident.

On 1 May 1986, the Chinese Ministry of Nuclear Industry notified the Atomic Energy Institute in Beijing, the Institute for Radiation Protection in Taiyuan, and other related institutions to pay close attention to the possible environmental influences of the accident on our country. On 4 May, according to the data reported by the Atomic Energy Institute and the Institute for Radiation Protection, it was judged that the radioactive aerosol which rose from the Chernobyl accident had entered our country. The reasons are as follows :

(1) Nuclides such as ^{134}CS, ^{132}Te, ^{132}I and so on were found in all aerosol samples;

(2) The concentration of ^{131}I in air in Beijing and Taiyuan was increased;

(3) The ratio of ^{137}Cs/^{131}I in air was high.

Such a situation showed that the contamination can be caused without a production or an application of radioactive isotopes or a nuclear explosion, and thus decision was made immediately to extend the monitoring areas, to increase monitoring items and to put forward uniform monitoring.

The distribution of monitoring points is shown in Fig.1, some of which are environmental protection stations. Monitoring items include aerosol, fallout, biological samples, rain water, surface water and environment gamma-radiation field.

Fig.2 and Fig.3 show the daily fluctuation of gamma-radiation level in Beijing and Taiyuan.

Table 1 lists the results of aerosol monitoring. Fig.4 and Fig.5 are concentrations of ^{131}I and ^{137}Cs in air at 4 monitoring points in Beijing, Taiyuan, Sichuan and Suzhou respectively. For samples collected on fiber filters, the filter efficiency to ^{131}I is taken as 30% in general and as 10% when sampling immediately after a rain. It can be seen from data in the tables that the fluctuation of radioactivity concentrations is smoother in the northern area of the country and rougher in the south. Such a differnce is related to the rainfall.

Table 2 lists the concentrations of radionuclides in fallout. Table 3 lists those in rain water and Table 4 lists those in surface water and in soil.

Table 5 lists the concentrations of radionuclides in vegetation samples and Table 6 lists the concentrations of ^{131}I and ^{137}Cs in milk. It can be seen in Table 6 that the concentration of ^{131}I in sheep milk is apparently higher than that in cow milk. This was caused by the fact that in that season of the year in north China, sheep were grazed in the field but dairy cows were fed in sheds with dried herbage and with laid in carrots which were not contaminated by the releases of the accident.

support of nuclear power plants are being drafted with great speed. Codes of practice for the emergency regulations of our first nuclear power plant will hopefully be issued by the government by the end of this year or during the spring of the next year. After that, technical guidances for the establishment of Emergency Planning Zones, for the choice of intervention levels and derived intervention levels, and for the implementation of protective measures will be published successively.

For the nuclear power plants in Qinshan and in Daya Bay, both of which are under construction, on-site emergency plans are being worked out. A series of emergency preparedness, including the investigation of conditions and feasibility of some principal protective measures such as sheltering, radioactive prophylaxis and evacuation, are being carried out.

Rapid and reliable accident consequence assessment (ACA) is the basis of taking effective countermeasures under emergency conditions. Our research work in this area includes atmospheric transfer and dispersion on medium scale and large scale, modelling analysis of accident consequence assessment, and development of a computer software system for accident consequence prediction.

As for the emergency technical support and the medical aid our strategy is to organize all existing resources in our country to the greatest extent, to learn advanced experiences from other countries, and to broaden our international cooperation. The Institute for Radiation Protection is determined by the Ministry of Nuclear Industry to be a center of emergency technical assistance and emergency medical aid for nuclear power plants. Recently, some projects are in progress, which include the drafting of national emergency regulations and technical guides and the establishment of specialized technical teams for emergency support, such as a team for accident assessment, a team for emergency monitoring and a team for emergency medical aid etc. In the field of accident consequence assessment, we can give full play to our experiences which were accumulated in the past years in our work on transfer of radioactive effluents in the atmosphere, in water and in the ecological system. A comprehensive experiment with field tracing and wind-tunnel simulation has been done for the investigation of the atmospheric dispersion conditions on the site of Qinshan Nuclear Power Plant. For the purpose of pushing our emergency preparedness and response forward, some training classes have been organized in cooperation with the International Atomic Energy Agency.

Soon after the Chernobyl accident occurred in USSR in April 1986, environmental monitoring and assessment were carried out by our network of emergency monitoring. Some of the monitoring results are shown as follows(2) :

---

(2) Working Group for Chernobyl Accident Assessment, MNI, China, «The Main Results and Preliminary Analyses of Environmental Monitoring for the Chernobyl Accident»; Selected Topics on the Accident Occurred in Chernobyl Nuclear Power Plant, USSR vol. 1; Bureau of Safety, Protection and Health, MNI, China; pp. 1-20, August 1986

President of NCRP of the United States, said (1) : «Ever since the nuclear weapons testing programs in the mid-fifties, there has been an acute public concern over the hazards of ionizing radiation... Whatever the reason, the end result is a public fear where there is no valid reason to be one. The main purveyors of this 'disease of fear' are our collective news media and our free press services through magazines». This kind of alarmist talk became even louder after TMI an Chernobyl accidents.

4.The force of habit : sometimes, people fear something for no reason, just because they are not familiar with it.

Actually, nuclear energy is not as horrible as people imagine. Just as fire, which people do not feel horrible today because for thousands of years they have got used to it and have learnt the ways of controlling it. In fact, fire was extremely frightful in remote antiquity. Even in recent years, fire can still cause severe calamities. Last month, a forest fire which occurred in the Great Xing'an Mountains at the north-east border of our country burned about 600,000 hectares of woods. 191 persons were killed and more than 10000 families lost their houses in the fire. Nuclear accidents, even the one which occurred in Chernobyl Nuclear Power Plant in USSR, caused much less injuries and deaths as fire causes each year in the world.

However, a nuclear accident has some special aspects. The area that it can affect may be extremely large; the time duration of its risks is long; because of its hereditary effect, the detrimental effect may be passed to the descendants. So, it is important to take every measure to prevent and diminish the risks of nuclear accidents. In China, we have a saying : «Preparedness averts peril». Just as coping with the fire, though men have already well learnt the control and utilization of it, we are still working hard on fire-fighting techniques today. Provided we are prepared, the risks can surely be prevented and diminished.

II.Emergency Preparedness for Nuclear Accidents in China

Though nuclear power industry has just started its steps in China -the first nuclear power plant, Qinshan Nuclear Power Plant, will not be put in operation until 1989, and the second one at Daya Bay, Guangdong Province, has just break ground to begin construction- our government is attaching great importance to the safety of nuclear power from the beginning. Furthermore, the lessons learnt from Chernobyl accelerated our program of emergency preparedness for nuclear accidents. As an institute specialized in radiation protection in China, our Institute is shouldering tasks of this kind together with other institutions.

Regulations and technical guides on radiological emergency response in

---

(1) L.Taylor, «What the Public is Told, and What It Should Know About Radiation Hazards» Part 1; HPS Newsletter Vol.XI, N°7, pp.1-4 (1983).

Environmental Assessment of the Chernobyl Releases in China

Hu Zunsu

I.Introduction

Since the accident that occurred in Three Mile Island Nuclear Power Plant, USA, in 1979, and moreover since the accident that occurred in Chernobyl Nuclear Power Plant in the Soviet Union last year, safety of nuclear power has attracted close attention from the whole world. Large amount of people take a sceptical attitude to nuclear safety, or even panic over it. For example, in Hong Kong last year, a huge number of people manifested to show their deep concern on the construction of Daya Bay Nuclear Power Plant in Guangdong Province, China, which is close to Hong Kong.

In addition to the fact that many people do not have necessary understanding of nuclear power, reasons of the anti-nuclear wave in some countries are as follows :

1.Nuclear power has an evil reputation. For a vast number of people, hearing about nuclear power reminds them of nuclear weapons and of the disasters of Hiroshima and Nakasaki. But as a matter of fact, nuclear energy itself is innocent. Just as an explosive, it can be used to either destroy the world or benefit mankind.

2.It is easy to get confused with what is detectable and what is really harmful. Since radiation detection is mainly based on a count-the-number-of-atoms, it is so sensitive that we can detect a very small amount of radiation, and at this level, radiation is practically harmless. However, things are changing. Following the development of non-radioactive analysis technology, high sensitivity is not the unique property of radiation detection. People are gradually aware of the fact that things conventionally thought to be harmless may be actually harmful, and are now talking about a uniform risk index for all technical activities. Perhaps some day, we will have a non-radioactive Sv in addition to the Sv we are using for radiation.

3.The alarmist talk of news media: just as Dr.Laurie Taylor, the Honorary

doing, and took actions that deliberately overrode the safety systems.

I finish by saying : would the airline business survive, if it entrusted its expensive aeroplanes 707 to under-qualified pilots ? They are less costly machines than a nuclear reactor, which costs about $ 2 billions, and are potentially less hazardous. In an aeroplane accident, you may lose 100 or 200 people; in a major nuclear accident like Chernobyl, you immediately lose 200 people, and on the long term, there is a potential risk of additional cancer fatalities of the order of a few thousands. So the risks, the potential hazards are greater, let alone the psychological factors of which we are all aware. Would the airline business survive, if it trusted its aeroplanes to be operated by pilots of the calibre of Three Mile Island and Chernobyl operators, pilots who do not understand how an aeroplane works properly, and in case something goes wrong, turn off the engines and take a nose-dive ?

What if the estimates which the Department of Energy Report has recently released are wrong ? They claim that the total cancer fatalities might be higher by a factor of 10 due to under estimations of cesium and also due to the use of lower risk factor 1.10^{-4} instead of 3.10^{-4}. Just multiply these figures by 3^{10}. So instead of 2000, you go back to 20.000 for the Russians which is still less than a fraction of a percent (1%) from the total cancer and cannot even be detected over 50 years. As for the Europeans, it will be again a very small percentage. The only place it might be detectable is in the 135.000, and even there, it might be on the border one.

Let me end up my communication by pointing out the common contributing factors that led to both Three Mile Island and Chernobyl accidents :

- They happened in the early morning. There is something there to say about the human factor right away. It might be statistically insignificant to talk about two events, but nevertheless.
- Before the accident, there was a general complacency, because the reactors performed very well. Chernobyl's reactor had a very high performance availability factor, and light water reactors in the U.S.A. were operating so nicely that there was a general attitude of complacency.
- Another common factor is that the operators did not pay attention to warnings and signals that were available to them. When things went wrong there were signals. In Three Mile Island, for example, it is true that valves got stuck without the operators knowing about them, but the temperature readings were right there in front of their face, and they ignored them. The same thing happened in Chernobyl; before the accident, they had a reading before them that said : «you have less than 30 control rods in the core which is a violation of safety. You should shut down the reactor»; and they ignored it.
- The operators in both cases did a series of deliberate steps that defeated the safety systems protecting the reactor. In fact, in Three Mile Island, some of the systems did operate trying to protect the reactor and the operators intervened and turned them off.
- Another common factor is that the operators were not trained to handle these accident sequences, both in Three Mile Island and in Chernobyl.
- Another common factor is that there is a very strong weakness in the approval of the operating procedures. This is very important. In Chernobyl, the test was done without the proper approval of the authorities.
- Most important of all is that the operators in both cases do not know or understand their plants. They are not very highly advanced technical people. One can say that the mechanical systems that were very advanced were defeated by the operators who did not understand what they were

These are the two important ones from the environmental effects on men. The first has short term effects, and the second has long term effects. In terms of percentage of the amount of radioactivity that was released within the reactor, for example, ion 131, 20% and cesium around 13%.

In terms of the total radioactivity about 3.5% of the total radioactifity was released to the environment. Where did that radioactivity go ? About 0,5% was deposited immediately within the vicinity. 1.5 to 2% distributed over 20 kms zone from the plant; there remained 1.5% over a 30 kms evacuation zone, and the rest, I would say, in the Northern Hemisphere of the world. 10% of the graphite moderator was ejected or burnt.

Recently there was a study in the U.S.A. sponsored by the Department of Energy which contended that three times as much cesium as the Russians estimated had been released. The Russians estimated 1.000.000 curies; this Department of Energy Report which is yet to be released claimed that it is probably more like 3.000.000 curies.

I will bother you with radiation effects; I will just give you a very quick over-view of the effects on the 135.000 people who were evacuated. You expect naturally cancer in those 135.000 people over the next 50 years to be of the order of 15.000 to 20.000: that is, among those 135.000 evacuated about 15.000 to 20.000 when they die, they will die from cancer, from all causes of cancer, not necessarily radiation. It is estimated that the dose they received as a result of the accident might contribute a few hundred additional cancer cases.

To put it in perspective, because I think numbers are deceiving, I should add : first, this represents a very small percentage of additional cancer fatalities from all causes (a potential increase of 1% or so). But to put it in perspective, I calculated how many of those people will die only from cancer if they smoke cigarettes, and how many cigarettes they will have to smoke to contribute the same amount of cancer fatalities. I calculated about 3.000 cigarettes in their life-time. That is if each one of them smokes 3.000 cigarettes in his life-time, he will be exposed to the same amount of risk for additional cancer over and above the natural cancer. This is less than three months smoking for a person who smokes two packs a-day.

For the rest of the USSR population, the estimate presented in Vienna told us that there could be as much as 20.000, but later on the figure was brought down to 2.000 when the measurements on the cesium were done, and that is equivalent to smoking 666 cigarettes or less in your life-time. Compare these. 20.000 or 2.000, if you wish, with total cancer fatalities over the 50 years for the 75.000.000 Europeans and Russians. Among the 75.000.000 Europeans and Russians, about 10.000.000 or 9.000.000 will ultimately die from cancer. The accident adds a possibility of 2.000 additional cancer fatalities; this is really below statistical detectible limits and you cannot even prove that this will really happen.

When all of that energy was generated in such a short time and there was not enough coolant to take that energy, where did it go ? It went into the fuel itself. It was deposited into the fuel, the fuel thermal energy increased; it fragmented; when it fragmented, the fuel went into the water surrounding it, generating a tremendous amount of steam. Under pressure, the pressure of the steam increased tremendously and you had an explosion of the steam. The pressure of the steam caused an explosion that lifted 1000 Pan-clayed on top of that reactor and basically bridged the reactor. This is just a summary of what happened.

Consequences :

I am speaking in 5-10 minutes about what has taken the scientific and engineering community a year and a half to figure out, and about 300-400 experts in Vienna in August 1986 to discuss during five days. So I am definitely over-simplifying. The result was that radioactivity was released because radioactivity results from the fission which normally stays within the reactor even if there is an accident such as Three Mile Island. When T.M.I accident happened, there was a partial core melt down, but there were barriers to protect. In this particular case, the explosion removed all of these barriers. It was so powerful that some of the radioactivity went out into the atmosphere.

Let me just give you an idea of the amount of radioactivity that was released from the day the reactor basically failed, or the accident happened, which was the 26th of April until about the 5th of May, when it dropped down. There was a maximum release in the first day 12.000.000 curie 4, and then less and less 3.4, 2.6, 2.2 and then it increased again on the 6th day : 4.5.7.8, and then it dropped down. That was due to the fact that the managers or the authorities were trying to control what happened.

I shall explain why this happened. When this radioactivity was released after the accident, the temperature inside the damaged reactor was high so there was natural circulating picking up radioactivity from the damaged core and distributing it into the atmosphere. So the Russian authorities tried to prevent that by dumping material : 2000 tons of lead, dolomite and sand trying to prevent this thing from happening. They succeeded, but as they did, the temperature was building up inside the reactor because there was no ventilation going on and the temperature went up. As physicists and chemists would know, when the temperature is up, you get more release, but then they managed to put circulation, ventilation; thus cooling the reactor and stopping any further release.

I think that the most important releases that we should focuss on are ion 131 which is a radioactive atom that has a half life, meaning that half of the atoms will decay within 8 days, and the next 8 days, half of the remaining atoms will go away and so on...) and cesium 137 which has a 30 years half life.

In any reactor, there are a number of safety systems that check the parameters of the reactor. These engineered systems measure the steam 'quality, the temperature, the neutron's distribution... These systems also in case they detect the things that might go wrong, stop the reactor immediately. The Chernobyl technicians, knowing that these systems will come on automatically and stop the reactor in case something went wrong, went ahead and disabled all of these systems. I am over-simplifying, but that is the essence of what they did. They stopped all of these systems so that they will be able in case something goes wrong to repeat the experiment without the reactor shutting itself automatically.

Another thing they did was to turn on the auxiliary primary circulation pumps -they were six of them operating- because when they run the test, they shut down one of the turbines at 1600 MWs, and wanted to do the experiment on one turbine. So they wanted to have four of these pumps running on the electricity produce when this turbine ran out of steam. The effect was that you have more faster water flowing in the core of the reactor, and the temperature dropped down in the reactor, so less steam was being generated.

This has the effect of increasing the density of a coolant, increasing the poison in the reactor which has a tendency to drive the reactor down (shut it down) because the increased density of the water brings the reactor down, however, this led to the accident because later on when they reached 200 MWs just before running the experiment and turning off the steam from turbine number 8 which was the only turbine available, they reduced the feedwater. There was less water now circulating in the core, and as a result more steam was being produced because the fissions were being generated. Then they shut off the steam from turbine number 8. The turbine started producing less electricity as it is casting down. That meant that the four pumps available were no longer available. Those four pumps that were running on this turbine were running at a reduced power. That meant less water was circulating even further, and it will be brought to zero almost. Thus, more steam was being produced. When more steam is being produced in the core, less neutrons are absorbed in the water and more absorbed in the fuel; that means a continuously increasing energy being produced from fission.

When that mode of operation is reached, it takes very little time to double energy production which is increased by 100 fold within a second and a half. What the operators tried to do after they shut off the steam and noticed as a result of the reduced flow of water that the power of the reactor was increasing exponentially, they tried to shut down the reactor manually, they pushed those easy five buttons, but it takes about 20 seconds for these control rods to come from all the way up where they put them into the reactor. In order to run the reactor in a regime which was not supposed to be operated, it takes a long time. It was too late for them to do anything, and the energy increased exponentially : within about two seconds and a half, it went from something like 200 MWs to 3800 MWs, in another second and a half, it went 100 times that.

plant were trying to study how to improve the safety of such reactors. What they wanted to do is to bring down power from about 3200 MWs thermal to around 1000 MWs or 700 MWs. In that regime the reactor is safe from the point of view of the power coefficient. If there is a sudden surge of power during that regime, the reactor would shut itself; it will not increase. But if they run the experiment below 700, they will run the risk.

The rule of this reactor is never to operate it continuously below 700 MWs. So the operators brought down the power of that reactor from 3200 and when they reached half of that power around 1600, the dispatcher of the electricity network told them to stop bringing the reactor further down because apparently electricity was needed. So they suspended the experiment for a while. Later on, they were given permission to continue to bring that reactor down. While doing so, they made a few mistakes : they shut down the emergency core cooling. For technical reasons, it is important that they should not have done that, although it does not really have a strong bearing on what happened. Then they continued to reduce the power; they switched the control or the regulation from automatic to what is called «from local to global».

Local is where you check the neutron density and the power density throughout the reactor and adjust the control rods accordingly.

Global : you look for averages. They shut off the automatic and they switched into the global. Here they made another mistake : they forgot to put a setting that they should stop at 700 MWs.

Another technical reason that led to the accident is that the technicians contributed to the generation of what is called the «zion poisoning». When you shut down a reactor and bring it back to power immediately, you generate a zion gas that absorbs neutrons and makes it very difficult to bring a reactor back to power and control it. In fact, if I were in that plant, I would have cancelled the experiment once I was stopped. Nevertheless, they decided to continue with the experiment, and they found themselves down to basically 0.30 MWs. The experiments should have been run at 700 MWs and they still decided to do the experiment, and they tried to force the reactor back to 700 MWs. The reactor in this regime because of zion poisoning is very difficult to control and bring to power; and should not have been operated at this power levels.

Nevertheless, they tried to do that by pulling the control rods that helped operate the reactor safety. Instead of having the control rods somewhere inserted partially in the reactor, they pulled all of the control rods and left themselves defenseless in case something happened for they cannot in this situation stop a sudden increase in power in that reactor. They were able to partially recover the power from 30 MWs to about 200 MWs only and were not able to go back to 700 MWs; and yet they still decided against the rules to run the experiment. They knew that their reactor was very difficult and that they might have to do the experiment again.

May I ask why is it that the Russians have designed such a reactor that has an undesirable feature ? For these types of reactors, if there is a slight change of power which may lead to unnecessary boiling of the water, there is another factor called the temperature factor, which reduces the power. Thus, you have two competing factors : one of them is due to the poisoning or the less poisoning when the water evaporates; the other one has to do with the increased temperature which works the opposite way.

This reactor has another feature : when it operates above 700 MWs, there is no problem of the sort, even if you have a small increase of power, even if you have more unnecessary boiling, the reactor will shut down, that is what is called «the power coefficient will be negative and there is no danger of having a successively increasing power generation». However under 700 MWs in the low power energy regime, this reactor is not stable, that is if there is a sudden or a slight increase in power, it may lead to successively increased power generation which would require other mechanisms such as insertion of special rods that absorbs neutrons and shut down the fission.

There are two types of accidents that people worry about : one of them is when we have the fission going on and we want to stop it : we want to stop this energy being produced because we are not able to take that energy away safely. But even if we do that, the other type of accident might still happen : the remaining fission fragments may still produce energy. This is the accident that happened at Three Mile Island. At T.M.I, this fission process was stopped, but those fission fragments that remained were still producing energy and there was not enough coolant to take away this energy. This is an order of magnitude or two orders of magnitudes less dangerous, but still, if it is not checked, it can release radioactivity into the atmosphere.

In Chernobyl, the operators did not stop the fission process. So what happened ? This is the morning of the 25th around one o'clock, the reactor was operating at 1000 MWs electric or 3200 MWs thermal. There was an experiment to be done, and that experiment was scheduled to take place just before annual maintainance. This experiment cannot be done otherwise because this is a commercial power reactor that is operating all the time, and you can do experiment on it only if you are shutting the reactor down for a while.

Why was the experiment being done ? It was being done to study how to improve the safety of that reactor. What they were trying to do is to see whether, when you have some kind of a power failure in that station, if the turbines, when they are casting down, are being driven by the steam and if there is a shut down, the steam stops and the turbines slow down to zero, during that period the turbine might be able to generate electricity enough to run some of the auxiliary safety systems. That was the main purpose, it is ironic that this accident happened when the operators and the managers of the

average, for each neutron, we must absorb a thermal neutron. Some of the neutrons will be moderated and lost. Some of them will be moderated and captured. Some of them will be moderated, they will be scattered, absorbed, and they will not contribute.

The difference between an atomic device, an atomic weapon, and a reactor is that in an atomic device we have fast neutrons, and for each one of them we have two fast neutrons and these two fast neutrons are absorbed immediately, and so we have a rapidly increasing energy generation over a short period of time. While in a reactor, we basically design the reactor to have one neutron absorbed followed by another neutron absorbed, and so on...

As I mentioned earlier, in a reactor we need a moderator to slow down the neutrons produced in the fission process. The moderator chosen most often is of light material such as water, hydrogen in water, or graphite. We also need another material to collect the fission energy and convert it into something that is useful : we do that by a medium such as water or gas or heavy water. The most common commercial reactors in the world are light water reactors where water is used as a moderator to slow down the neutrons and also water is used as a coolant to take away the energy produced in fission and convert in into something useful. There are other reactors such as ware reactors which use graphite as a moderator and use gas as a coolant. There are reactors that use heavy water as a moderator and heavy water as a coolant. The majority of the reactors in the world however are of the type called «light water reactors», where water is used as a moderator and as a coolant. The Chernobyl reactor is of a special kind, where the moderator is the graphite. The graphite surrounds the uranium fuel, and when fast neutrons are released, they collide with it, are slowed down, and become available for the capture of other uranium atoms. The coolant in the reactor is water which is allowed to boil within the reactor vessel itself. As the water boils, it converts it to steam or a mixture of water and steam. We have to keep in mind that the density of water vapor is less than the density of water, or the number of atoms per unit/volume for vapor is less than water. Water absorbs neutrons and reduces the number of neutrons available for fission. So it is in a sense an undesirable material from the fission point of view.

Vapor is less of a poison because the density is less. This is an important point for what happened at Chernobyl which is probably different from most of the other reactors. Most of the other reactors have water acting as a moderator. So when it boils, it will be less efficient in moderating the neutrons. Therefore, the chain fission reactor will stop when water boils in a light water reactor, such as the pressurised water reactors or the boiling water reactors. But in the Chernobyl reactor, water is used as a moderator so the main factor for water is that when it boils, it helps the chain reaction to proceed faster, because the density of the poison which is the coolant becomes less.

The Chernobyl Accident : Causes and Consequences

Adnane Chihab-Eddine

Before I discuss the events that led to the accident, let me just give you an over-simplified introduction to the important physics that goes on in a nuclear reactor. What I will try to do here is to stress the important factors that contribute to the generation of power in a nuclear reactor. We will have one atom of uranium which interacts by absorption with a thermal neutron which has a very low energy being equivalent to the thermal energy of the environment within which the neutron finds itself; that leads to the fission of the uranium atom into two fission fragments. In this process, we generate energy -fission energy- which manifests itself as a kinetic energy that can be harnessed by a proper medium, such as a coolant, that comes into contact with these fission fragments and takes the thermal energy that results from the kinetic energy.

The other important point to remember here is that most of the time, in fact, all the time, those fission fragments also radiate energy in the form of radioactivity. So in a reactor, the primary energy that is harnessed is the fission energy which we must collect by a coolant such as water and then convert that energy into electricity. But there remains also some energy stored in those fragments in the form of radiation and that does not come out immediately; it comes out after a while depending on the fragment's property. This is governed by the «half life» for those fission fragment atoms. Also we produce in this process a neutron, or some neutrons, on the average around two neutrons. To sustain a fission reactor continuously, we must in fact design the reactors in such a way that on the average for each neutron that is absorbed in this generation, in this step, there will be a thermal neutron absorbed in another uranium atom.

The neutrons are produced at high energy. They are not good for the fission process. They must then be moderated, or slowed down, so that their energy will be thermal energy in order for the uranium atom to capture them. They do that by interacting with other light atoms such as graphite, carbon or water-hydrogen. They are thermalised, then become available. On the

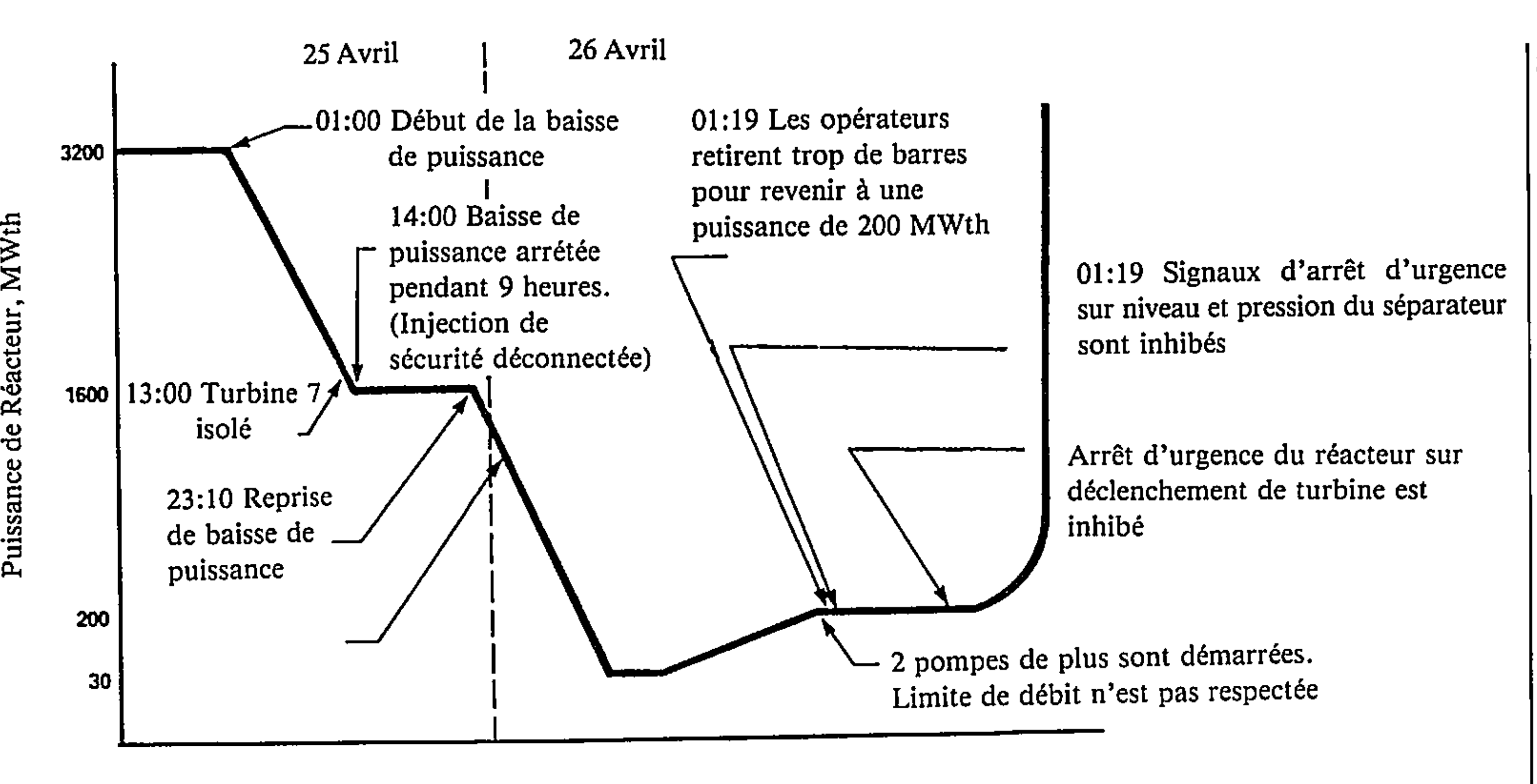


Fig. (11) : DEROULEMENT DE L'ACCIDENT DE TCHERNOBYL

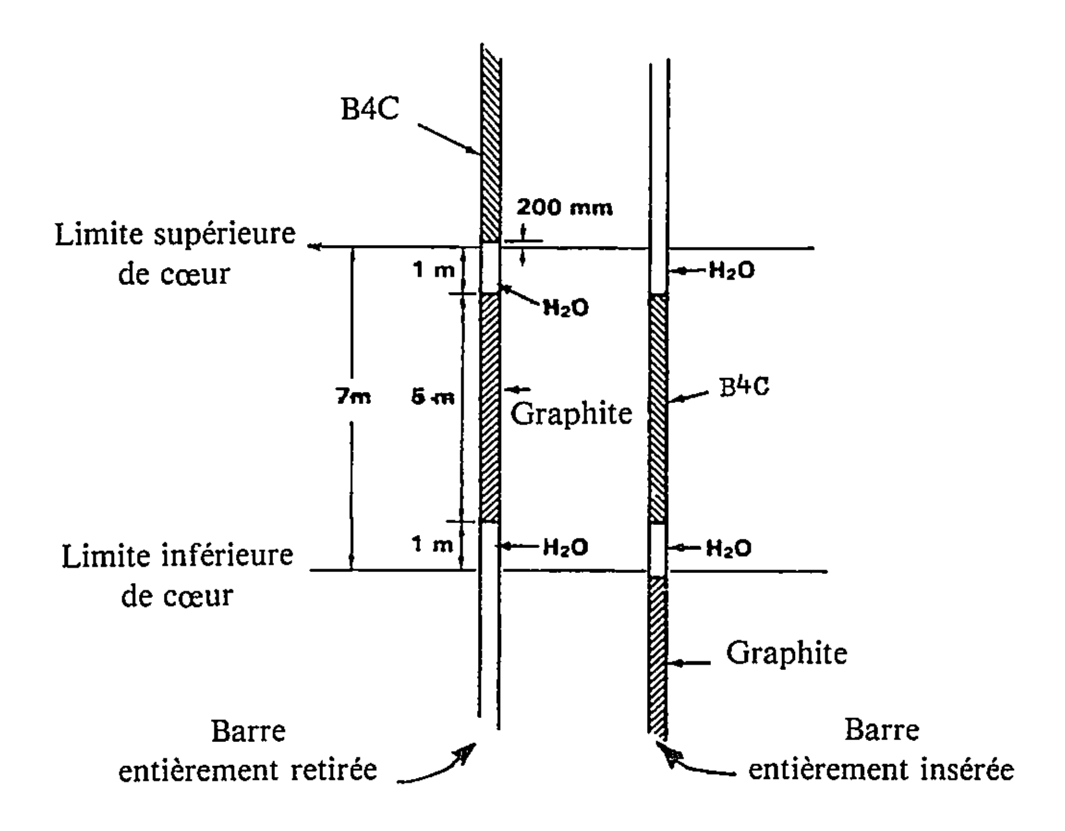


Fig. (10) : POSITIONS DES BARRES ENTIEREMENT RETIREES ET ENTIEREMENT INSEREES

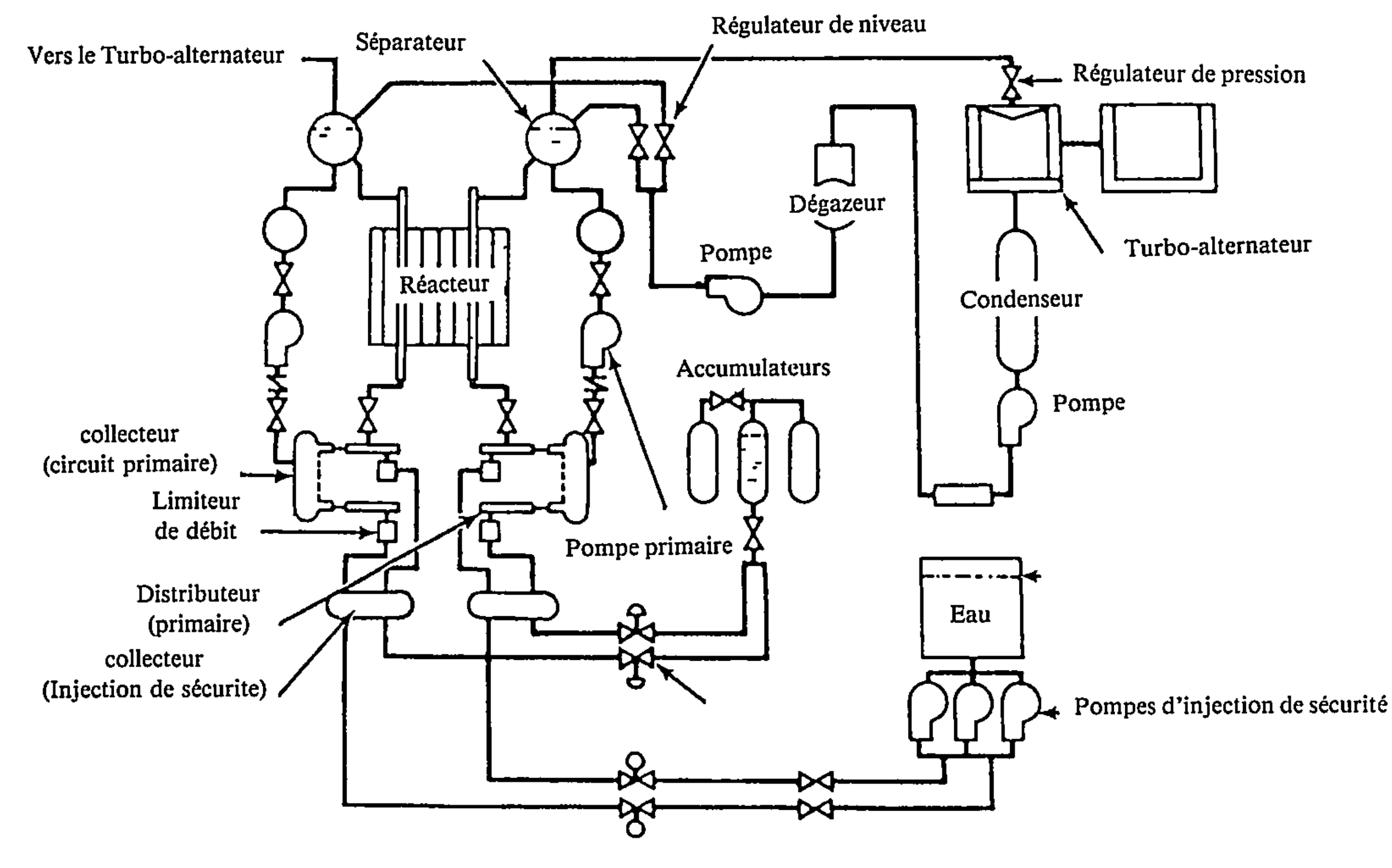
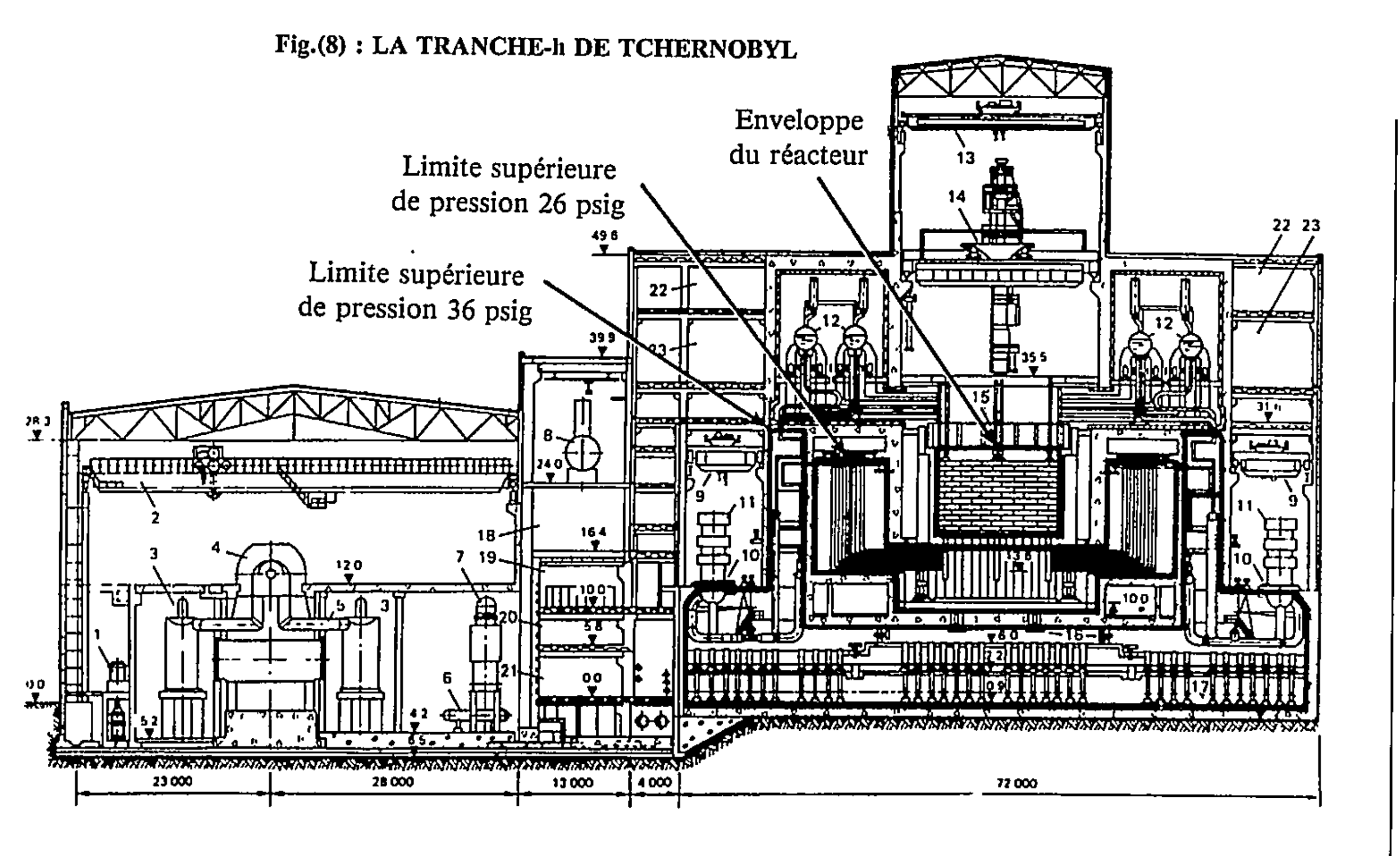


Fig. (9) SCHEMA DES CIRCUITS PRIMAIRE, SECONDAIRE ET IS

Fig.(8) : LA TRANCHE-h DE TCHERNOBYL



4 - Turbine 5 - Condenseur 8 - Dégazeur 10 - Pompe primaire 11 - Moteur électrique
12 - Séparateur de vapeur 14 - Machine de chargement/déchargement 15 - Réacteur
17 - Piscine de suppression de la pression

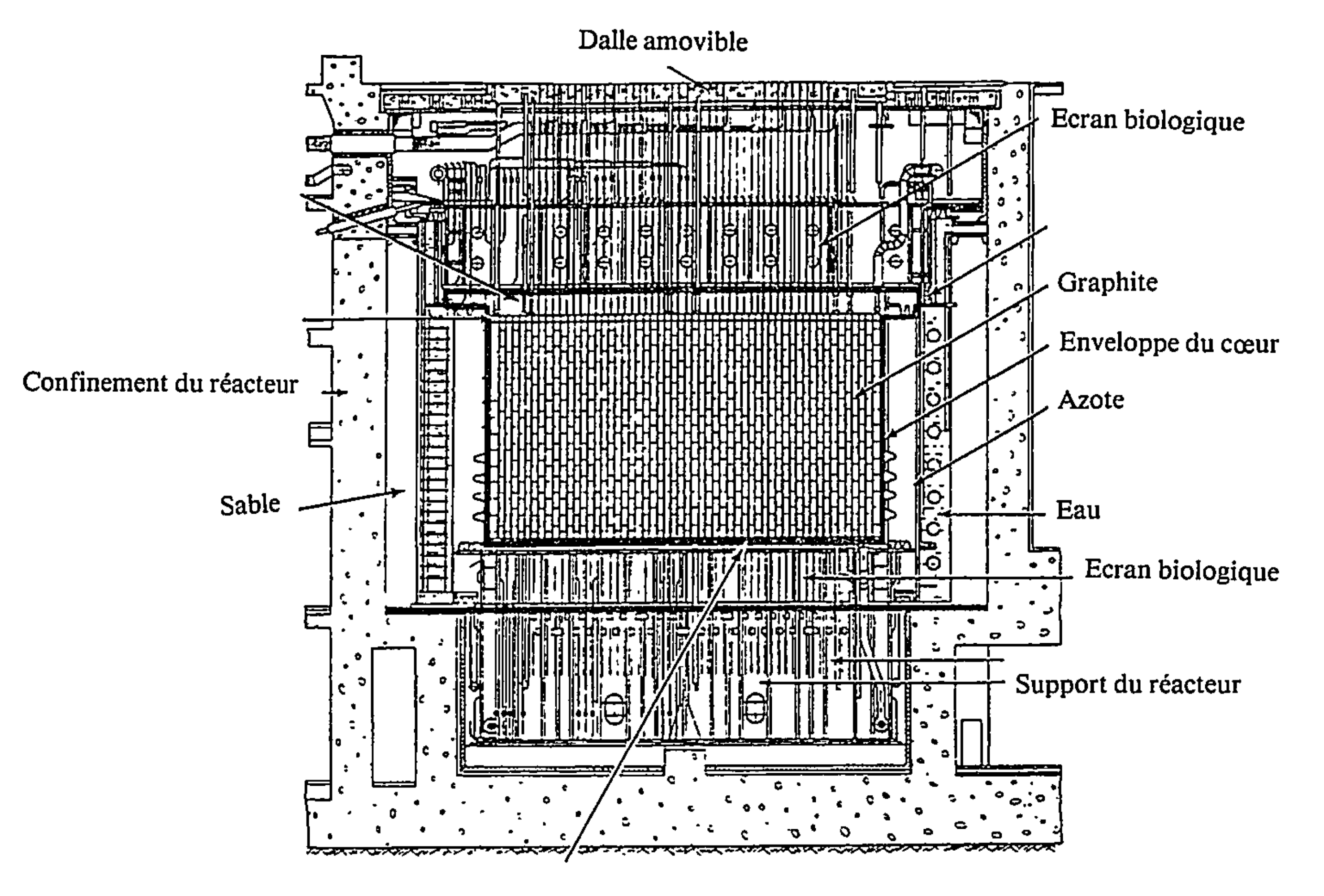


Fig. (7) : SCHEMA DU REACTEUR TCHERNOBYL

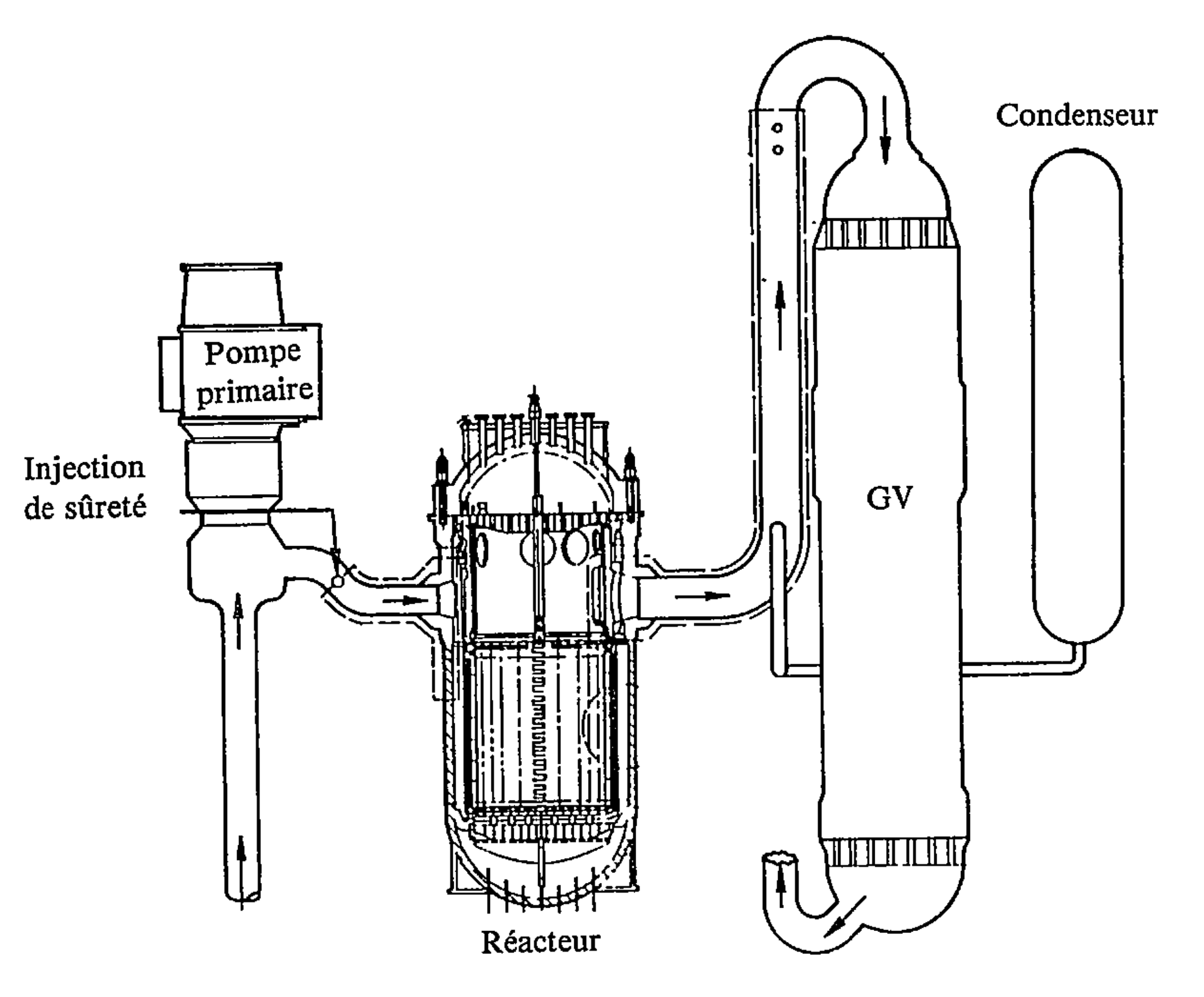


Fig. (6) : CIRCUIT PRIMAIRE DU REACTEUR TMI-2

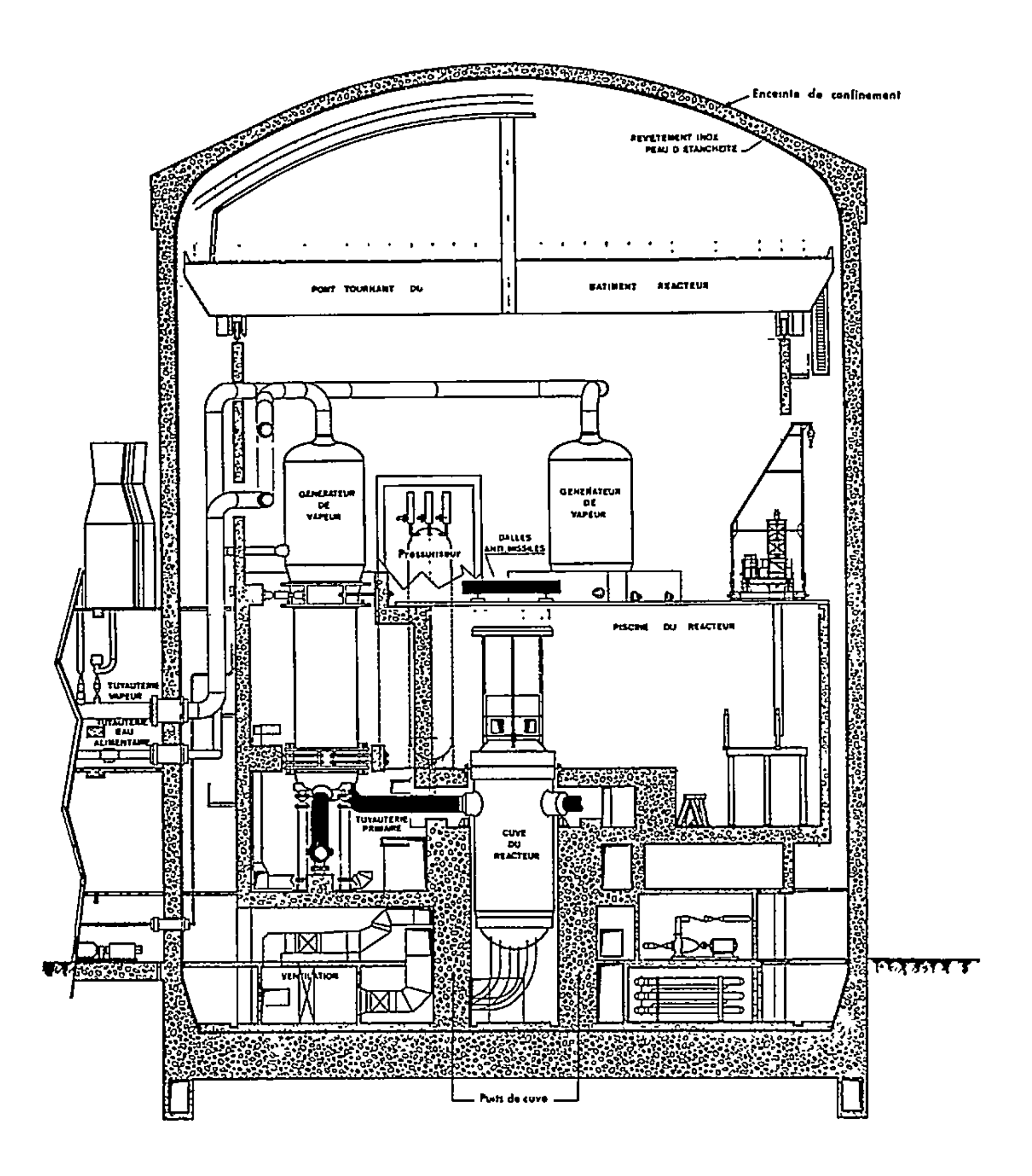


Fig.(5) : ENCEINTE DE CONFINEMENT

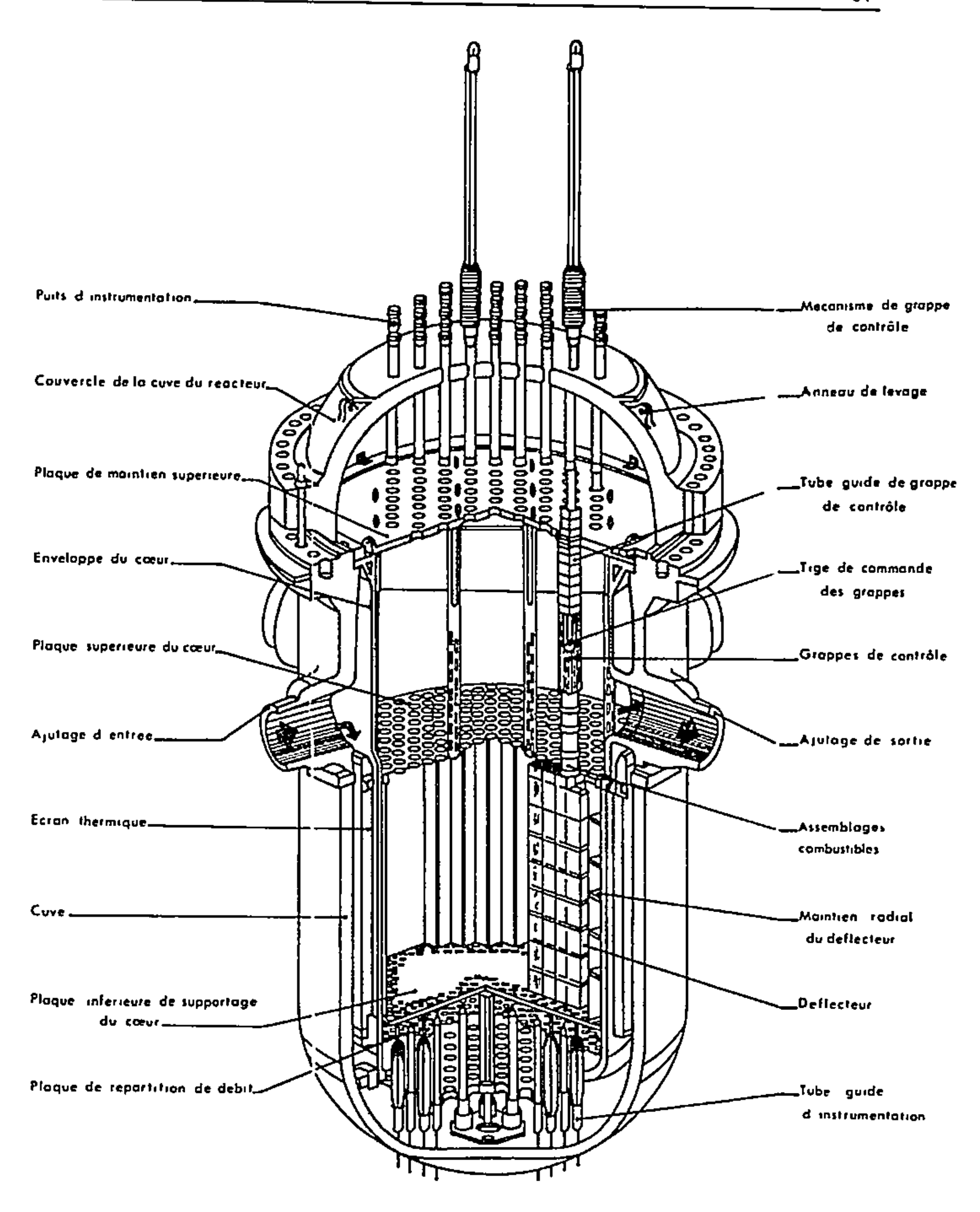


Fig.(4) : **REACTEUR PWR**

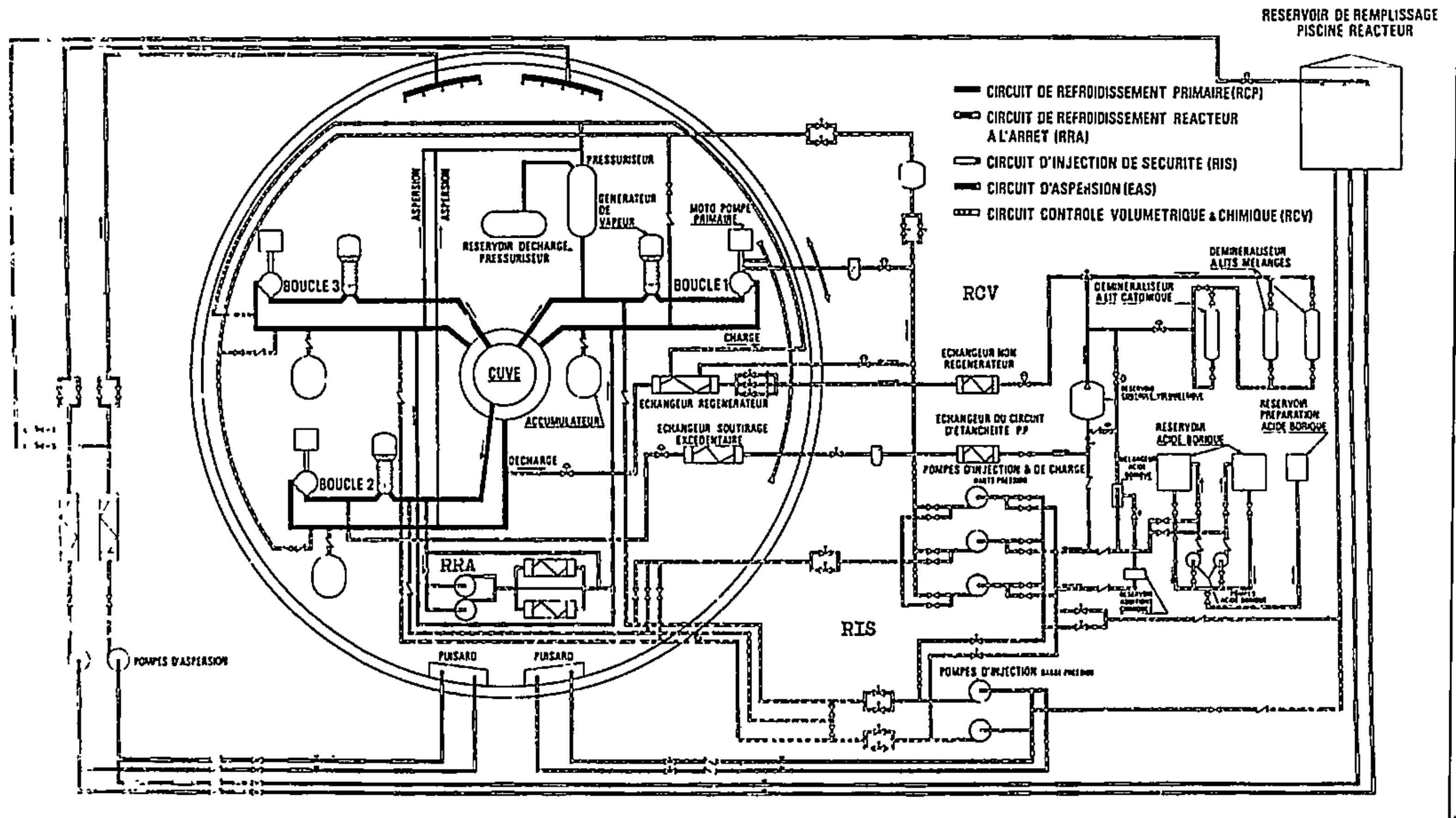


Fig.(3) : SCHEMA REACTEUR-CIRCUITS AUXILIAIRES

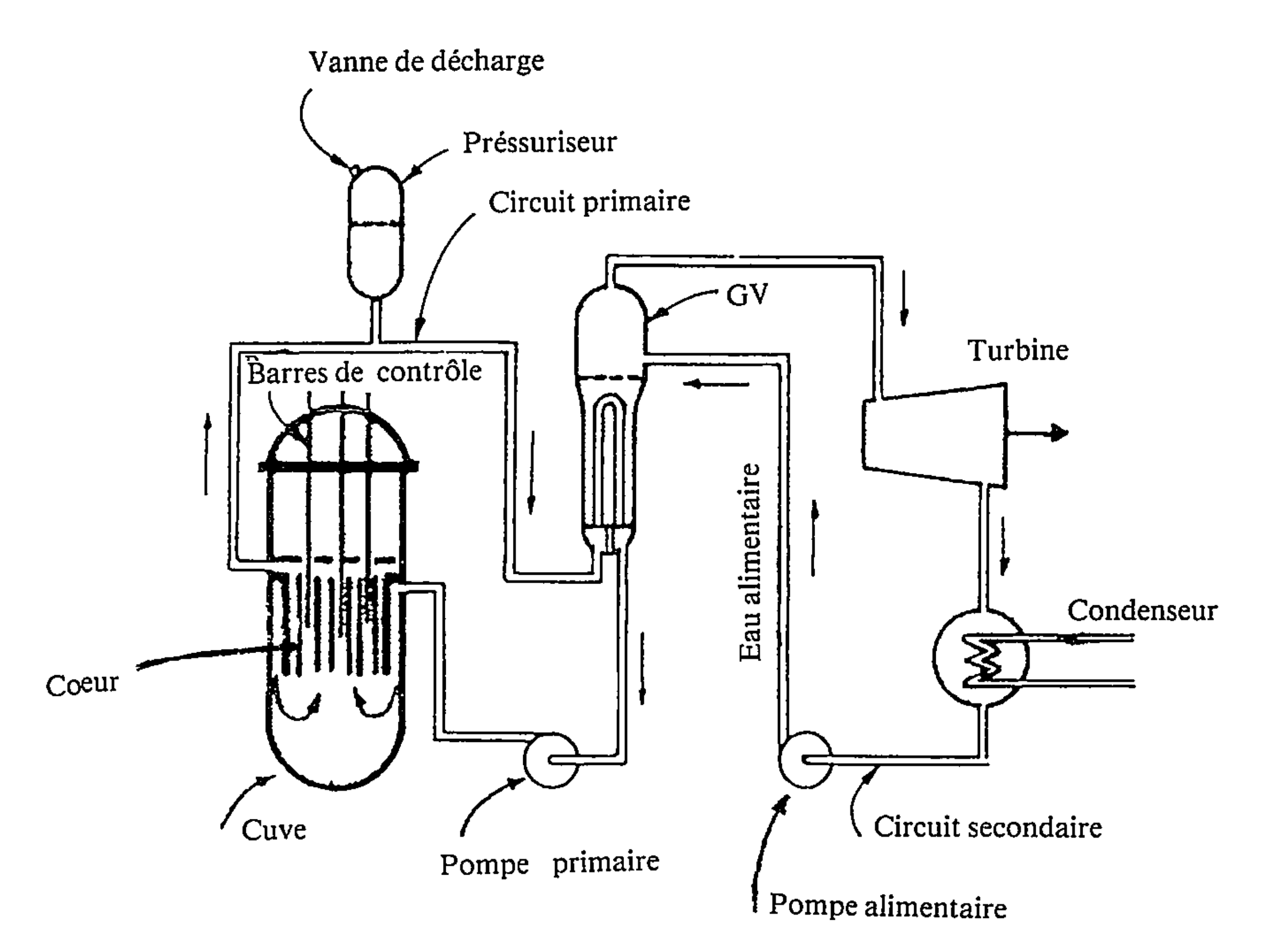


Fig.(2) : CIRCUITS PRIMAIRE ET SECONDAIRE

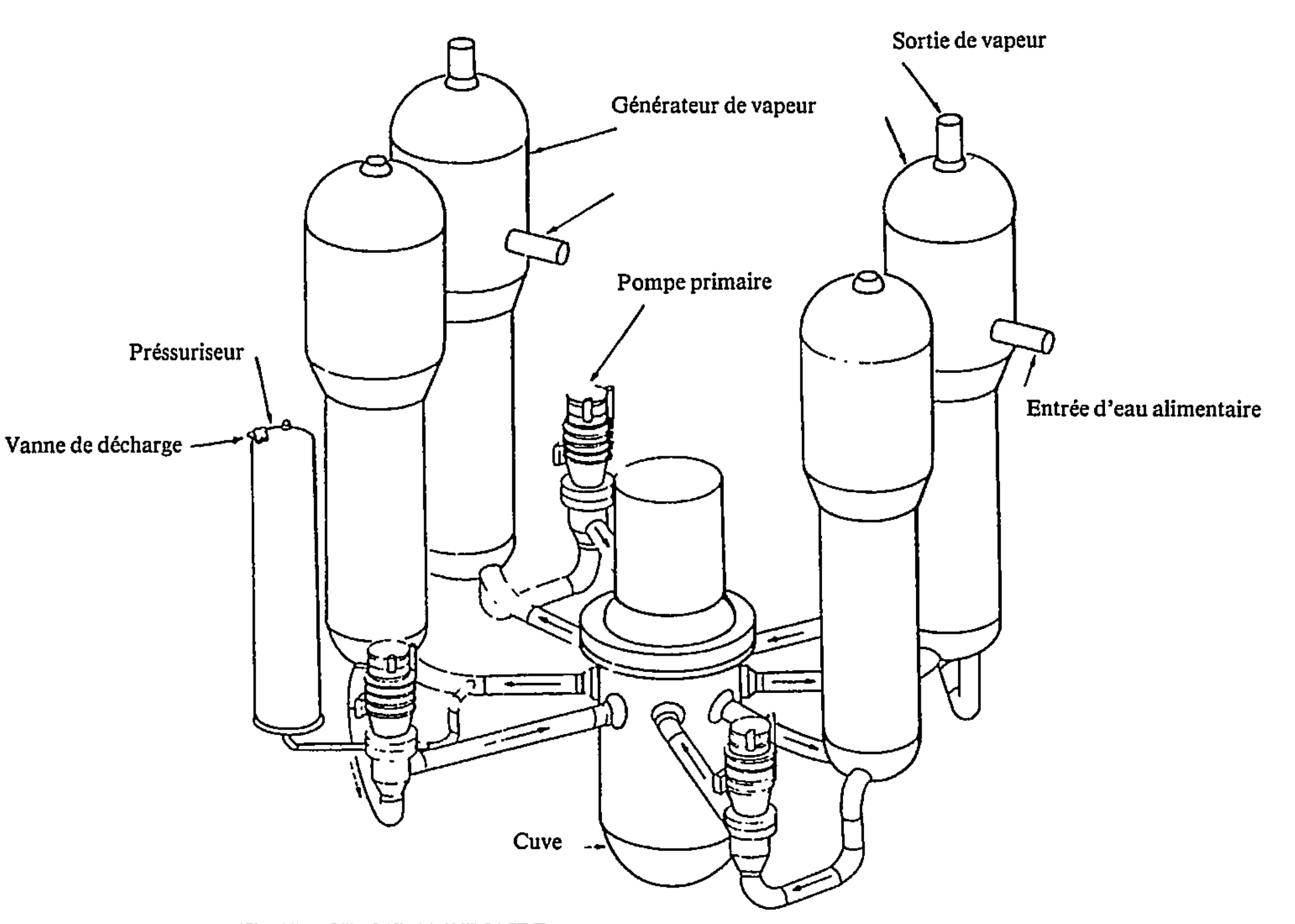


Fig.(1) : CIRCUIT PRIMAIRE

Effets stochastiques :

Ce sont les effets retardés qui apparaissent après une période plus ou moins longue après l'irradiation. La probabilité d'apparition des effets stochastiques est proportionnelle à la dose reçue mais la sévérité ne l'est pas. Cela inclut tous les types de cancers et dommages génétiques induits par radiation.

Il existe une période latente entre l'irradiation et l'apparition du cancer. La moyenne de cette période est de 15 ans, mais elle varie entre 1 ou 2 ans pour la leucémie et 30 ans pour les tumeurs osseuses.

Les radiations pourraient avoir aussi des conséquences génétiques. Cet effet ne concerne normalement que les personnes agées de moins de 30 ans.

Les isotopes radioactifs de l'Iode et surtout I-131 et I-133 sont très importants à cause de l'affinité de la thyroide pour cet élément.

Le cesium et surtout le Cs-134 et Cs-137 sont éventuellement distribués uniformément dans le corps et exposent tous les organes à leur radiations β et γ.

D'autres radioisotopes importants sont les gaz nobles (krypton-85 et Xe).

L'iode emprunte trois voies pour entrer dans le corps humain :

1 - L'inhalation
2 - Les plantes à larges feuilles
3 - Le lait.

La dernière voie pourrait faciliter une concentration de l'iode.

Une partie de l'iode accumulée par une vache, par exemple, pourrait passer à sa thyroide, l'autre partie resterait dans son lait. D'où le danger pour les enfants en bas âge (moins de 10 ans). En revanche, ce lait transformé en fromage et conservé pendant plusieurs semaines ne poserait pas le même problème radiologique car la demi-vie de I-131 est de 8 jours.

L'effet des radiations sur la santé vient du dommage des cellules causé par la déposition d'énergie radiation β et γ émises par les éléments radioactifs.

Le dommage dépend de plusieurs facteurs :

— Type de radiation
— Energie totale
— Durée de déposition

Effets non-stochastiques :

La probabilité d'apparition et la sévérité des effets non-stochastiques augmentent avec la dose de radiation. En plus ces effets n'apparaissent pas au-dessous des seuils donnés.

Suite à une exposition uniforme et de courte durée les effets des radiations se manifestent de la façon suivante :

Dose (Rem)	Effet
100	Sans effet à court terme
500	50% de décès dans les 30 jours
1.000	Décès en quelques jours.

La thyroide est affectée par la radiation à cause de la concentration de l'iode dans cet organe. Une dose de 200 rad endommagerait partiellement la thyroide; une dose beaucoup plus forte, de plus de 3.000 rad, est nécessaire pour l'arrêt complet de son fonctionnement.

Mais ce qu'on peut regretter le plus ce sont les faiblesses de la conception des réacteurs de type RBMK. On se limitera à quelques-unes :

1. Un coefficient de vide très positif, accompagné d'un système de barres d'arrêt très lent (20 sec pour insertion complète).
2. Un seul système d'arrêt d'urgence au lieu de deux comme c'est nécessaire pour un réacteur avec coefficient de vide très positif.
3. Un arrêt d'urgence n'est pas automatique quand le calcul montre que les barres deviennent inefficaces.
4. Le confinement de réacteur est conçu pour la rupture d'un seul tube de force.
5. L'analyse de sûreté n'est pas exhaustive et ne considère pas tous les accidents crédibles.

En résumé, on peut dire que les réacteurs de Tchernobyl sont d'une conception spécifique qui n'est pas représentative du reste de l'industrie.

Les conclusions générales qu'on peut tirer de ces deux accidents sont multiples, nous retenons les suivantes :

— L'amélioration de compétence des opérateurs est un des moyens les plus efficaces pour réduire les risques des accidents.

— Le diagnostic rapide et correct des conditions réelles à chaque instant de l'accident permettrait une conduite appropriée qui ramènerait la centrale à un état stable.

— Un centre de gestion de crise et des équipes techniques compétentes devraient intervenir et donner l'assistance nécessaire aux opérateurs dans des cas d'urgence.

— Des plans d'intervention au niveau national et une collaboration internationale sont absolument nécessaires pour limiter les risques au public.

— Les risques des accidents nucléaires sont des risques calculables, et ne sont pas plus grands que d'autres risques déjà acceptés par la société.

ANNEXE A

Effets Biologiques des Radiations

L'homme est affecté par les radiations par voie de :

1 - Irradiation directe.
2 - Inhalation des gaz ou particules radioactives.
3 - Radioéléments déposés sur terre ou dans l'eau qui seraient ensuite transférés à l'homme par la chaîne alimentaire.

La contribution de chaque radioélément à l'activité totale est fonction du temps, et dépend de sa demi-vie.

Nous nous limiterons ici à quelques chiffres significatifs qui permettraient de cerner les effets radiologiques de cet accident :

— 31 personnes sont décédées suite à des doses très fortes d'irradiation.
— 203 ont été hospitalisées. Dose ~ 500 rem.
— 24.000 ont reçu une dose de ~ 45 rem.
— 135.000 ont été évacuées et ont reçu, en moyenne, 12 rem.

Si l'on peut citer les chiffres des personnes affectées par les radiations dans les régions avoisinantes de la centrale avec certitude, les valeurs des doses reçues par cette population, en revanche, n'étaient connues au départ qu'avec une fourchette d'erreur de ± 50%.

Il semblerait que les premières estimations des effets radiologiques, à cause de cette incertitude, péchaient par trop de pessimisme.

Ainsi le nombre des cancers induits par les radiations de Tchernobyl dans les 50 années à venir serait environ 20.000.

Des mesures et des études plus récentes par les soviétiques et les britanniques montrent que le chiffre qui se rapproche le plus de la réalité est environ 1.000 cas de cancers dans les 50 prochaines années.

On peut toujours penser, à juste titre, que c'est encore inacceptable car cela veut dire un millier de personnes qui seraient affectées par le cancer.

Il faudrait, néanmoins, rappeler que dans les mêmes 50 années il y aurait 50 millions de cas de cancer «naturel» (qui n'ont rien à voir avec Tchernobyl) en URSS et 20 millions dans les pays du marché commun.

Ajoutons aussi que dans la même période on estime qu'il y aurait 10 millions de décès en URSS à cause du tabac.

Mais ce sont là des risques déjà acceptés par la société.

VI.CONCLUSIONS

Les accidents de Tchernobyl et Three Mile Island n'ont en commun que l'insuffisance de formation des opérateurs et leur manque d'appréciation des phénomènes physiques, d'où les violations répétées des procédures de conduite.

On peut en plus reprocher au «Management» de Tchernobyl des erreurs inexcusables :

1. Le test n'a pas été revu par des autorités compétentes.
2. La responsabilité de l'opération pendant le test était donnée à un ingénieur qui n'était pas particulièrement compétent dans le domaine nucléaire.
3. L'urgence démesurée pour conclure un test avant la date limite, sachant bien que les conditions du réacteur étaient instables, était un des éléments qui ont précipité la catastrophe.

01.22.30: Les opérateurs choisissent d'ignorer les sorties de calcul qui montraient la nécessité d'un arrêt immédiat.
Selon certaines analyses publiées après l'accident, la distribution de flux était telle que le pic était vers le bas du cœur.
Donc les barres d'arrêt étaient rendues pratiquement inutiles pour les premières secondes d'un transitoire de puissance.

01.23.04: A ce point le réfrigérant est proche de la température de saturation et à une fraction de vide très basse.
Le test commence en isolant le turbo-alternateur No.8 (l'autre turbine avait été isolée la veille) et les quatre pompes primaires commencent leur ralentissement.

Maintenant que le débit primaire diminuait à cause du ralentissement des pompes, et que la température du réfrigérant à l'entrée augmentait à cause de la réduction de débit de l'eau alimentaire au séparateur de vapeur, la production de vapeur est devenue très importante et le coefficient de vide a fait le reste.

01.23.40: L'ordre est donné par l'opérateur d'insérer toutes les barres, mais il était déjà trop tard.
Les barres étaient inefficaces à cause de la distribution de flux très perturbée et du temps de chute qui était trop lent (20 sec) pour l'excursion rapide de puissance qui était en cours.

V.LES CONSEQUENCES RADIOLOGIQUES DES DEUX ACCIDENTS

Tous les produits radioactifs générés lors de l'accident Three Mile Island ont été retenus à l'intérieur de l'enceinte de confinement. Les fuites à l'extérieur étaient pratiquement nulles. L'impact sur la population était plutôt psychologique.

A Tchernobyl, en revanche, en raison de l'absence d'une enceinte de confinement, les produits radioactifs étaient rejetés directement dans l'environnement.

Selon des estimations soviétiques 3-4% de l'inventaire du cœur a été relâché dans l'atmosphère pendant les 10 premiers jours, c'est-à-dire 50 MCi. Cela inclut 100% de l'inventaire des gaz nobles, 20% de I-131, 10% de Cs-134 et 13% de Cs-137.

Les rapports soviétiques et occidentaux sur l'accident Tchernobyl donnent des chiffres détaillés sur le relâchement de ces produits, leur distribution dans les régions proches de la centrale, aussi bien que leur transport à d'autres pays, aidé par les conditions météorologiques.

Pour ne pas alourdir cet exposé nous invitons le lecteur à consulter ces références internationales s'il a un engouement pour et un intérêt particulier dans ces détails.

01.00 : Les opérateurs commencent à réduire la puissance.

13.05 : La puissance atteint 1600 MWth, le turbo-alternateur N°7 est arrêté.
4 pompes primaires et 2 pompes alimentaires sont basculées au turbo-alternateur N°8 qui serait utilisé pour le test.
Le système d'injection de sûreté est déconnecté.

14.00 : Le dispatching demande de maintenir la puissance à 1600 MWth.
Ainsi le réacteur est resté sans sauvegarde pendant 9 heures.
(Première grave violation des procédures).

23.10 : La baisse de puissance est reprise.

26 avril

00.28 : Le système de régulation de niveau de puissance avait été laissé par erreur à un niveau très bas. La puissance donc chute à 30 MWth.

01.00 : La puissance est finalement stabilisée à 200 MWth. Mais pour arriver à ce point les opérateurs avaient dû retirer manuellement trop de barres pour compenser le poisonnement du Xénon.
La distribution de flux est telle que l'antiréactivité des barres qui seraient importantes au début de la réinsertion dans le cœur est en effet équivalente à l'antiréactivité de 6 ou 8 barres complètement insérées, au lieu de 30 barres requises par les procédures.

01.03 : Malgré toutes ces conditions défavorables la décision est prise de continuer le test.
Deux autres pompes sont mises en service comme prévu par le test.
Donc au total 8 pompes sont en service, d'où un débit trop fort pour les conditions de basse puissance. Cela conduit à une diminution de vide, de pression et de niveau dans les séparateurs de vapeur.

01.19 : Le débit d'eau alimentaire alimentant les séparateurs de vapeur est 4 fois supérieur à sa valeur initiale.
Cela a comme conséquence la réduction de température à l'entrée du cœur. Le système automatique retire les barres de contrôle pour compenser l'effet de température.
Les opérateurs, voulant rétablir la situation, retirent les barres du système manuel.

01.22 : Les paramètres du réacteur sont relativement stables et la décision est prise de commencer le test sur la turbine.
Les signaux d'arrêt d'urgence associés aux vannes d'isolement des deux turbines sont inhibés pour éviter un arrêt d'urgence, en cas de fermeture de ces vannes. En plus, juste avant l'isolement de la turbine, les opérateurs ont fait chuter le débit de l'eau alimentaire à sa valeur requise par le test. Cela fait augmenter rapidement la température du réfrigérant à l'entrée du cœur.

transitoires qui accroissent la température du combustible. Le coefficient de température du combustible est négatif.

En résumé, dans un transitoire de puissance le réfrigérant, en se vidant, et le graphite, en se chauffant, aggravent les conséquences du transitoire mais le combustible essaie de les ralentir.

8 - Le déroulement

L'accident a eu lieu lors d'un test concernant les turbo-alternateurs. Ce test avait pour but de démontrer que, suite à un déclenchement de la turbine et à la perte des alimentations électriques externes, le turbo-alternateur continuerait à alimenter les pompes primaires et alimentaires pour un temps suffisant pour permettre aux groupes électrogènes diesel de démarrer et prendre le relai. Le but principal est d'éviter des démarrages brutaux de ces groupes. Le test n'avait rien de grave en soi et avait été effectué par les soviétiques dans d'autres centrales. L'objectif cette fois était de tester un nouveau régulateur de tension qui permettrait une prolongation de cette période de transition.

Ce qui est grave c'est que le test a été mené dans des conditions instables de fonctionnement.

La part due aux erreurs des opérateurs dans cet accident est très importante. Ils ont supprimé tous les systèmes de sauvegarde de réacteur pour ne pas avoir un arrêt d'urgence pendant le test !

Quand les conditions instables initiales de réacteur ont favorisé la formation de plus de vapeur, la puissance dans le cœur a augmenté, le coefficient de vide étant positif, ce qui a produit encore plus de vide.
Ainsi une insertion de réactivité importante a eu lieu, et en l'absence du système de sauvegarde le réacteur a vite atteint les conditions de criticité prompte.

Les séquences les plus plausibles de l'accident sont les suivantes :

La puissance a atteint rapidement un niveau très élevé. Le combustible partiellement fondu s'est dispersé dans le réfrigérant, ce qui a généré plus de vapeur, libérant ainsi plus de réactivité. La surpression créée par la vapeur était suffisante pour endommager les tubes de force, enlever les parties supérieures de confinement du réacteur et endommager le bâtiment.

Dans le rappel suivant du déroulement de l'accident de Tchernobyl ne seront citées que les séquences qui avaient des conséquences importantes ou qui pourraient expliquer comment les décisions de l'opérateur ont affecté ou aggravé l'accident. Voir Fig.11.

Un arrêt de la tranche 4 pour réparation a été programmé pour le 25 avril 1986.

Le test devait être effectué à une puissance thermique assez basse (800 - 1000 MWth). Donc à :

En cas de perte des alimentations électriques toutes les barres sont insérées.

Afin d'optimiser la production électrique de la centrale de Tchernobyl, le nombre d'arrêts d'urgence est minimisé. Si dans la plupart des cas d'urgence un arrêt d'urgence est obligatoire, dans d'autres cas on ne demande que des réductions de puissance à des niveaux jugés suffisants en fonction de la gravité du transitoire.

Ainsi une diminution de débit primaire ne provoquerait qu'une réduction à 60% de la puissance nominale, et un déclenchement d'un des deux turbo-alternateurs ne mériterait qu'une réduction à 50%. Et même en cas de perte de charge par les deux turbo-alternateurs la puissance reste à 20%.
Ces réductions de puissance sont faites automatiquement mais avec une rampe de 2% par sec. Par ailleurs il faut souligner que la vitesse d'insertion des barres lors d'un arrêt d'urgence n'est pas suffisante pour des transitoires rapides (20 sec pour insertion complète).

7 - Coefficients de réactivité

La valeur des coefficients de réactivité et leur signe dépendent de la configuration de cœur, c'est-à-dire du nombre de barres insérées, des canaux remplis d'eau et de la composition isotopique du combustible.

7.1 - Coefficient de vide

Il a été cité que la réactivité d'un réacteur RBMK augmente quand la température du réfrigérant augmente. La raison en est liée au fait que le réacteur a, en fait, deux modérateurs (du point de vue neutronique), l'un est le graphite, et l'autre est l'eau qui circule dans les tubes de force et qui sert en même temps comme réfrigérant.

Le graphite tout seul est suffisant pour établir un spectre neutronique bien thermalisé; l'eau, dans ce cas, agit plutôt comme un absorbant. La création de vide, quand l'eau entre en ébullition, réduit l'absorption et augmente la réactivité, et on parle dans ce cas de coefficient de vide positif.

Ce coefficient est fonction des positions des barres et de leur nombre, de la composition isotopique du combustible (donc de son épuisement) et de la fraction de vide dans les canaux. Il est moins positif en début de vie quand beaucoup de canaux sont encore occupés par des barres absorbantes.

7.3 - Coefficient de température du combustible

Quand la température du graphite s'accroît, le système gagne de la réactivité. Le coefficient de température est donc positif, et devient plus positif avec l'épuisement de combustible.

7.3 - Coefficient de température de combustible

L'effet Doppler a un rôle bénéfique par son opposition à tous les

6 - Le système de contrôle et de protection

La grande taille du réacteur à Tchernobyl le rend intrinsèquement sensible aux oscillations radiales et azimutales. Cela nécessite un contrôle des distributions de puissance axiale et radiale.

Les barres sont en B4C et gainées d'un alliage d'aluminium.

Elles sont divisées en 5 groupes :

— 139 barres pour contrôle manuel de distribution de puissance,

— 12 barres pour contrôle automatique de niveau global de puissance,

— 12 barres pour contrôle automatique de puissance dans chacune des 12 zones radiales du cœur. Des détecteurs placés non loin de ces barres servent pour la régulation de leurs mouvements,

— 24 barres pour l'arrêt d'urgence,

— 24 barres courtes ($\frac{1}{2}$ hauteur) pour le contrôle manuel de la distribution axiale de puissance.

Les quatre premiers groupes entrent dans le cœur par le haut, et les barres courtes entrent par le bas.

Un système de refroidissement séparé du circuit primaire sert à refroidir les barres de contrôle et les réflecteurs du réacteur.

L'eau à 40°C entre par le haut des canaux des barres de contrôle et sort par le bas à 65°C. Après refroidissement dans les échangeurs thermiques l'eau est renvoyée à l'aide des pompes à un réservoir spécifique à ce circuit.

Quand les barres de contrôle sont extraites le réfrigérant pourrait les remplacer dans les canaux. L'absorption neutronique par le H_20 rendrait les barres moins efficaces. Pour éviter cette possibilité, toutes les barres (sauf 12) sont munies des tubes d'extension occupées sur une grande partie de leur longueur par du graphite de telle manière que dans la position extraite une barre sera remplacée par une longueur de 5m de graphite dans la partie centrale du cœur laissant 1m d'eau de chaque côté. Voir Fig.10.

Quand une barre est complètement retirée la situation est satisfaisante. Mais au cours d'une réinsertion des barres, et surtout dans le cas d'arrêt d'urgence, la partie inférieure (1m d'eau absorbante) sort du cœur et y est remplacée par du graphite moins absorbant, d'où une insertion de réactivité. Donc initialement il y aurait une insertion d'antiréactivité dans la partie inférieure du cœur. Le résultat dépendrait de plusieurs facteurs, le nombre des barres à insérer et la distribution axiale du flux.

Ajoutons à ces groupes un grand nombre des barres absorbantes pour compenser l'excès de réactivité initiale dans le cœur. Un septième du nombre des canaux de combustible sont en effet occupés en début de vie par ces barres. Elles sont retirées du cœur en fonction de l'épuisement du combustible.

4 - Le système de refroidissement de secours

Le système est destiné à maintenir le refroidissement du cœur dans le cas d'une perte de réfrigérant. Quand une rupture est détectée et un signal est reçu par le système, celui-ci démarre automatiquement et commence (dans moins de 3,5 sec.) à alimenter en eau la moitié endommagée du cœur c'est-à-dire la moitié qui a perdu son réfrigérant. En effet le système de refroidissement comprend 2 sous-systèmes. Chacun a deux parties, la première concerne le refroidissement à court terme et la deuxième le transport de la chaleur résiduelle.

La première partie de chaque sous-système est composée de six accumulateurs de 25m³ et alimente la moitié endommagée du cœur en eau pendant les premières 100 secs de l'accident.

Un troisième sous-système de refroidissement de secours utilise les pompes d'eau alimentaire et, comme les deux autres sous-systèmes, a la capacité d'alimenter au moins 50% de l'eau nécessaire pour le refroidissement du cœur endommagé. En cas de perte d'alimentation électrique externe le refroidissement est assuré par les pompes primaires et les pompes d'eau alimentaire pendant 40-50 secs. Car ces pompes ralentissent en même temps que les turbo-alternateurs. Nous reviendrons sur ce point plus loin car le test qui a été à l'origine de l'accident de Tchernobyl concernait précisément ce ralentissement des pompes après l'arrêt de turbine.

Pour le refroidissement à long terme des pompes alimentent la moitié endommagée du cœur d'eau provenant de la piscine de barbotage (une piscine pour éviter la surpression dans le circuit secondaire). D'autres pompes alimentent l'autre moitié du cœur d'eau à partir de la piscine des condensats.

5 - Confinement de réacteur

Une rupture d'un canal de combustible relâcherait de l'eau et de la vapeur dans l'enveloppe du réacteur. Une protection contre la surpression dans cette zone est assurée par un système qui renvoie la vapeur vers la piscine de barbotage.

Il faut souligner les deux points suivants :

— Le confinement du réacteur est conçu pour des pressions inférieures à 25.6 psi (1,9 bar). Cela veut dire que ce confinement ne peut pas supporter des pressions résultant de la rupture de plusieurs canaux de combustible.

— Si la surpression est plus grande que 44 psi il y a une chance pour que l'écran supérieur s'envole relâchant ainsi les gaz radioactifs dans le reste du bâtiment de la machine à chargement. En plus, les tubes de forces contenant le combustible ou les barres de contrôle sont intégrés à cet écran supérieur et de ce fait ils risqueraient aussi de s'arracher, amplifiant ainsi la gravité de l'accident.

Un mélange de 80% hélium et 20% azote est introduit en bas du réacteur dans l'enveloppe entourant celui-ci. Le mélange entre les colonnes de graphite permet un contact thermique et un transport de chaleur du graphite vers les canaux de combustible. La température du graphite pourrait atteindre 750°C. L'humidité détectée dans ce mélange signifierait une fuite dans les circuits primaires.

2 - Le circuit primaire

Il existe deux boucles primaires indépendantes, chacune est composée de 4 pompes et deux séparateurs de vapeur. Chaque boucle refroidit une moitié de cœur. Voir Fig.9.

Les pompes primaires sont munies de volants d'inertie qui permettent aux pompes un temps de ralentissement de 2 minutes dans le cas de perte d'alimentation électrique. Cela est suffisant pour établir une circulation par convection naturelle.

Les pompes primaires font circuler le réfrigérant vers un collecteur commun auquel sont raccordés 22 collecteurs secondaires. A chacun de ces derniers est raccordé un groupe de tubes de force. Le réfrigérant passe par le bas du cœur et monte le long de combustible. Il atteint la température de saturation à 2,3m au dessus du bout inférieur du combustible, en fonctionnement normal, et entre dans la phase d'ébullition nucléée. Donc la vapeur est générée dans la partie supérieure du cœur. La qualité atteint un maximum de 20% à la sortie des canaux.

Les mélanges eau-vapeur sortant des tubes de force entrent dans les séparateurs (ballons cylindriques 31m de long et 2,6m de diamètre) dans lesquels l'eau et la vapeur sont séparées. L'eau est ramenée par 12 tuyaux, sortant du bas de chaque séparateur, vers les pompes primaires en passant par un collecteur. En revanche la vapeur passe au circuit secondaire.

3 - Le circuit secondaire

La vapeur qui sort des quatre séparateurs alimente un ou deux turbo-alternateurs. Si la pression de vapeur est supérieure à la valeur de consigne, de 15% ou plus, des soupapes de sûreté sont ouvertes et une partie du débit de vapeur est conduite vers une piscine de barbotage située sous le réacteur. Ainsi la surpression est évitée.

Après être passée par les turbines la vapeur est condensée à basse pression et renvoyée aux séparateurs sous forme d'eau à l'aide des pompes à haute pression.

La vapeur, ayant son origine dans le cœur, apporte quelques produits radioactifs dont il faut se débarrasser. L'eau passe donc par un système de purification et contrôle de chimie avant d'être injectée dans les séparateurs.

d'analyser correctement la situation.

— Les procédures à la disposition de ces opérateurs n'étaient pas adéquates.

— La salle de commande de Three Mile Island était d'une conception et organisation assez dépassée.

Des recommendations ont été avancées concernant l'analyse des accidents, la conduite post-accidentelle, la formation des opérateurs, l'organisation des crises... etc.

Les enseignements de cet accident ont été nombreux et ont touché tous les aspects de l'industrie nucléaire, de l'analyse de sûreté jusqu'aux nouveaux dispositifs sur centrales (la mesure en continu du niveau de réfrigérant dans la cuve est un exemple).

IV.ACCIDENT DE TCHERNOBYL

Avant de discuter des causes et des conséquences de cet accident, il est utile de revoir très brièvement les caractéristiques de cette centrale afin de distinguer ce qui est spécifique à Tchernobyl et ce qui est commun à toute l'industrie nucléaire.

Ne seront revus que les aspects de la conception de Tchernobyl qui ont joué un rôle direct dans l'accident.

1 - Le cœur

Le cœur d'un réacteur RBMK consiste en tubes de force contenant le combustible qui est refroidi par de l'eau légère bouillante, et d'un modérateur graphite. Le diamètre du cœur et son réflecteur est 13.56m et sa hauteur est de 8m. Voir Fig.7 et 8.

2000 canaux sont prévus pour le combustible, les barres de contrôle et les instrumentations.

L'assemblage de combustible est en forme d'un faisceau cylindrique de 18 rayons de 3.5m de longueur. Deux assemblages placés l'un au dessus de l'autre forment une colonne de combustible.

Le combustible est de l'uranium enrichi à environ 2.0% sous forme d'oxyde. Le gainage d'une épaisseur de 0.9mm est en zirconium (qui contient 1% niobium).

Les tubes de forces sont aussi en Zr-Nb dans la partie active du cœur et en acier inoxydable dans les parties supérieures et inférieures.

L'empilement de graphite a la forme d'un cyclindre 11.8m en diamètre et 7m en hauteur, et contient 2488 colonnes de sections carrées de 25cm × 25cm.

Le cœur est entouré radialement d'un réflecteur en graphite et axialement de deux écrans thermique et biologique.

asséchés, ce qui a terminé l'évacuation de la chaleur du circuit primaire, et le niveau dans le pressuriseur a de nouveau monté. Quand le système d'injection de sécurité a démarré, le niveau augmentant toujours, les opérateurs ont conclu que le circuit contenait trop de réfrigérant et risquait de se remplir entièrement. Ils ont en conséquence arrêté les pompes d'injection. Conclusion fatale car à ce moment il était encore possible de sauver le cœur et d'arrêter l'enchaînement de l'accident.

Quelques minutes plus tard, la pression a baissé suffisamment pour atteindre le point de saturation. La vapeur générée a aidé à augmenter plus le volume d'eau et pousser le niveau dans le pressuriseur encore plus haut.

Les opérateurs, pensant toujours que le circuit primaire contenait trop d'eau, ont démarré le circuit de décharge pour réduire la masse d'eau dans le primaire aggravant encore plus la situation.

La règle générale concernant le niveau dans le pressuriseur a été appliquée aveuglément par les opérateurs dont la formation insuffisante (voir conclusions du Rapport Kemeny sur Three Mile Island) ne leur permettait pas de raisonner correctement ou de comprendre la situation réelle.

Or il y avait plusieurs indications claires et simples à interpréter :

— Des alarmes et des instruments ont indiqué l'existence dans les puisards de l'enceinte d'une quantité d'eau dont la hauteur approchait 180cm.

— La température et la pression à l'intérieur de l'enceinte de confinement ont augmenté à tel point que les opérateurs étaient obligés de mettre en marche les systèmes de ventilation et aspersion.

— Les pompes primaires ont commencé à vibrer violemment, une indication que le réfrigérant contenait de la vapeur.

— Les mesures de radioactivité indiquaient que le niveau atteint était très haut.

Il était évident qu'une fuite très importante de fluide primaire s'était développée quelque part dans le circuit primaire.

Finalement, et presque par hasard, les opérateurs ont fermé la vanne d'isolement du pressuriseur et une heure plus tard ils ont redémarré les pompes d'injection de sécurité qui ont enfin apporté de l'eau nécessaire pour renoyer le cœur. Les 2/3 de la hauteur du cœur était découverts pendant un temps suffisamment long pour qu'une grande partie du combustible fonde.

Enseignement de l'accident Three Mile Island

Plusieurs commissions d'experts ont étudié les circonstances et le déroulement de l'accident Three Mile Island. Elles s'accordent sur les conclusions suivantes :

— La formation des opérateurs était insuffisante. Ils étaient incapables

Dans d'autres filières de réacteurs qui utilisent l'eau comme réfrigérant, du genre RBMK dė Tchernobyl, la situation est plus compliquée et le phénomène est inversé. Quand la température du réfrigérant augmente la densité diminue mais la réactivité accroît au lieu de décroître.

Nous reviendrons plus loin sur ce problème quand nous traiterons de l'accident Tchernobyl.

III.ACCIDENT DE THREE MILE ISLAND

Les deux réacteurs à Three Mile Island sont de type PWR. Fig.6. Ce qui différencie cette centrale le plus par rapport à d'autres centrales, ce sont les générateurs de vapeur qui sont de type B & W.

L'accident a duré plusieurs jours, mais ce sont les 4 à 5 premières heures qui étaient déterminantes. Dans ce qui suit la discussion sera limitée aux seules actions et décisions qui avaient des conséquences majeures sur le déroulement de l'accident.

Tout a commencé le matin du 28 mars 1979 par un déclenchement des pompes de l'eau alimentaire. Cela a été immédiatement suivi, comme prévu, par l'isolement des GV et l'arrêt de turbine. La température primaire a augmenté, entraînant un accroissement de volume du réfrigérant. Le niveau d'eau dans le pressuriseur a suivi. Quand la pression a atteint 2255 psi (100 psi plus que le point de référence), la vanne de décharge du pressuriseur s'est ouverte pour réduire cette pression en déchargeant assez d'eau et de vapeur. Et puisque la pression a continué à monter, il y avait eu un arrêt d'urgence automatique de réacteur.

Les séquences de ce transitoire jusqu'à ce point n'ont rien d'anormal sauf que la vanne de décharge aurait dû se refermer automatiquement quand la pression est revenue à un niveau plus bas, action qui ne s'est pas produite.

En plus, les opérateurs, pour des raisons diverses, ne se sont pas aperçus que cette vanne était restée ouverte. Cela les a amené à des hypothèses fausses et des décisions qui ont empiré la situation, et transformé un transitoire mineur en accident majeur.

En fonctionnement normal le niveau d'eau dans le pressuriseur est à mi-hauteur, pour accommoder les variations de volume d'eau dans le circuit primaire. La pression est contrôlée par des chaufferettes et un système d'aspersion. Si le réfrigérant remplit le pressuriseur le contrôle de pression devient impossible. C'est la raison pour laquelle les procédures de conduite de la centrale recommandent aux opérateurs d'éviter cette situation.

Après l'ouverture de la vanne de décharge, la pression et la température ont baissé et le niveau aussi. Pour revenir au niveau de référence, les opérateurs ont démarré une pompe pour compenser le niveau.

Les GV à ce moment, n'étant plus alimentés en eau côté secondaire, se sont

mais seulement pour une courte période. Finalement l'eau injectée par les accumulateurs plus l'injection de sécurité réussit à remplir le fond du cœur et puis à renoyer progressivement toute la hauteur du combustible.

3) La phase de refroidissement à long terme

Puisque la chaleur résiduelle continue à être dégagée dans le combustible il faudra maintenir le refroidissement pour une période assez longue. Pour ce faire le circuit d'injection de sécurité, après avoir épuisé le réservoir de stockage de l'eau du réacteur, utilise directement de l'eau accumulée dans les puisards de l'enceinte.

Pendant ces trois phases la vapeur déversée dans l'enceinte de confinement augmente la pression, alors le circuit d'aspersion, qui a pour but la condensation de vapeur dans l'enceinte et l'élimination des gaz radioactifs entre en jeu. Ce circuit est alimenté par les même sources d'eau que le circuit d'injection de sécurité.

5 - Coefficients de réactivité

Il est essentiel de connaître avec précision l'effet sur la réactivité de tout changement de paramètres physiques qui définissent l'état du réacteur : la puissance, la température, la densité... etc.

Deux coefficients de réactivité sont d'une grande importance et affectent directement les résultats d'un transitoire incidentel ou accidentel :

- Le coefficient de Doppler : Il traduit le fait que l'absorption des neutrons par les résonnances de combustible (principalement par l'U238) augmente quand la température augmente.

L'effet Doppler est rapide et tend toujours à s'opposer et finalement arrêter un transitoire qui accroît la puissance. L'inverse est aussi vrai. Un transitoire de refroidissement de combustible entraînerait un gain de réactivité.

- Le coefficient de modérateur : L'eau dans le cœur joue le rôle d'un réfrigérant quand elle transporte de la chaleur mais elle joue aussi le rôle d'un modérateur (de point de vue neutronique) quand elle ralentit les neutrons (à des énergies basses dites thermiques) les rendant ainsi plus efficaces à déclencher des fissions.

Quand la température augmente dans un PWR standard la densité de l'eau diminue et la réactivité de cœur diminue aussi. Ainsi le modérateur intrinsèquement s'oppose aux transitoires qui augmentent sa température.

Il est aussi évident que si la température baisse la densité augmente. Ce qui assure donc une meilleure modération et accroît la réactivité du cœur. Ajoutons que la présence du bore rend le coefficient de modérateur moins négatif et il pourrait même devenir positif si la teneur en bore est très élevée.

Une autre classification des transitoires incidentels et accidentels, très utile pour les études de sûreté, est basée sur leur fréquence;

- Fréquent : pour les transitoires du fonctionnement normal.
- Fréquence modérée : correspond à des incidents qui surviennent une fois par an.
- Infréquent : transitoires qui n'arrivent qu'une fois durant la vie d'une centrale.
- Défauts limites : ce sont des accidents hypothétiques et qui sont étudiés pour dimensionner les systèmes de sauvegarde.

On parle aussi de catégories I à IV qui correspondent à ces quatre niveaux de fréquence.

Dans cet exposé on s'intéresse plus particulièrement à la catégorie IV; les autres sont moins sévères.

3 - Critères de sûreté

Le NRC (Nuclear Regulatory Commission) des Etats-Unis a joué un rôle important dans l'établissement des critères qui ont été adoptés par toute l'industrie nucléaire.

Ces critères spécifient les limites de certains paramètres physiques à ne pas dépasser dans les cas d'incidents ou accidents. Ainsi il faudrait démontrer, selon la catégorie de l'accident, que les limites sur les paramètres suivants sont respectées :

- La température maximale de la gaine.
- La température maximale au centre du combustible (cela implique une limitation sur la puissance linéique au point chaud en fonctionnement normal).
- Le pic de pression dans les circuits primaires et secondaires, pour sauvegarder l'intégrité de ces circuits.
- L'enthalpie du combustible (limitée à 200-225 cal/g). Cette limite est nécessaire pour ne pas avoir éclatement et dispersion de combustible dans le réfrigérant dans le cas d'insertion rapide de réactivité dans le cœur.

La limite sur la température de la gaine se traduit en deux façons :

— Le DNB ne devrait pas être atteint.
— La température de la gaine ne devrait pas être supérieure à 1204°C.

Le DNB est la condition d'ébullition quand le flux de chaleur du combustible atteint un niveau haut dit critique : un film de vapeur stable se développe alors sur la gaine l'isolant ainsi du fluide de refroidissement. Le transfert de chaleur du combustible au réfrigérant se dégrade et la température de la gaine augmente rapidement.

C'est une enceinte en béton précontraint d'une épaisseur de 85cm et couvert à l'intérieur d'une peau d'acier. Voir Fig.5.
L'aspersion permet de piéger les produits radioactifs gazeux dans l'eau des puisards.

Pour que les produits radioactifs soient relâchés dans l'atmosphère, il faudra qu'ils franchissent les trois barrières : que la gaine de combustible éclate, que le primaire soit ouvert et laisse son réfrigérant se décharger dans l'enceinte, et que cette dernière ait subi une fissure.

Nous verrons plus loin que ces barrières et surtout l'enceinte étaient suffisantes pour enfermer tous les produits radioactifs du cœur partiellement fondu de Three Mile Island.

2 - Classification des accidents

Puisque plusieurs composants peuvent affecter la sûreté d'une centrale s'ils subissent une défaillance, il est clair que le nombre de possibilités d'accidents est aussi important et que leur gravité varie d'un simple incident sans conséquence à un accident avec des conséquences sérieuses pour la centrale et le public.

Il est donc nécessaire de dresser une liste des types ou classes d'accidents et de traiter un nombre suffisant de chaque classe surtout ceux qui constituent des «enveloppes» dans leur classe, c'est à dire les plus significatifs. On vérifie ensuite que la protection contre l'accident «enveloppe» est aussi suffisante pour tous les autres accidents de même classe.

Nous pouvons classifier les incidents et accidents de plusieurs façons, selon leurs :

— événement initiateur,
— fréquence,
— degré de gravité.

Si on considère l'événement qui déclenche l'accident on peut distinguer les cas suivants :

— Augmentation d'évacuation de chaleur par le circuit secondaire.
— Diminution d'évacuation de chaleur par le circuit secondaire.
— Diminution de débit primaire.
— Anomalies de réactivité et de distribution de puissance.
— Augmentation de l'inventaire d'eau du circuit primaire.
— Diminution de l'inventaire d'eau du circuit primaire.
— Relâchement de radioactivité par des sous-systèmes ou composants.
— Transitoires sans arrêt d'urgence.

On dresse ensuite une liste de toutes les défaillances qui aboutiraient à une de ces conditions et on distingue celles qui mériteraient une analyse détaillée s'assurant que les autres s'inscrivent à l'intérieur des conditions des accidents «enveloppe».

II.ANALYSE DE SURETE

Les objectifs des études de la sûreté des réacteurs sont :

— La prévention des incidents et des accidents

— La limitation des conséquences de ces accidents si, malgré toutes les précautions, ils surviennent, le souci majeur étant la protection du public contre les dangers de radiations.

Pour ce faire, l'analyse devrait vérifier le comportement de la centrale et ses systèmes vis-à-vis des écarts par rapport aux conditions normales de fonctionnement dûs à des défaillances des composants, ou à des mauvaises actions par les opérateurs, afin de s'assurer que les systèmes de protection et de sauvegarde peuvent ramener la centrale, dans tous les cas, à une situation sûre, à savoir :

— La réaction en chaîne est arrêtée dans le cœur.

— L'évacuation de la chaleur résiduelle est ininterrompue.

— Les fuites radioactives vers l'extérieur de la centrale n'excèdent pas les normes admissibles.

Ces études permettent le dimensionnement des systèmes de sauvegarde et la détermination des seuils des chaînes de protection. Elles font aussi la base des études et procédures de conduite post-accidentelle.

1 - Les trois barrières

Pour protéger le public contre les conséquences radiologiques, trois barrières sont dressées dans les centrales PWR entre la source des produits radioactifs et l'environnement extérieur :

1) La gaine : les produits radioactifs sont les résultats de fission des atomes de U et Pu dans les pastilles de combustible.
Certains produits sont sous forme solide, d'autres sont des gaz comme le xénon ou krypton.
La gaine forme une enveloppe étanche pour contenir ces produits.

2) L'enveloppe du circuit primaire :
Puisque le primaire est un circuit fermé, les produits qui traversent la première barrière, c'est à dire la gaine, se trouvent enfermés dans le réfrigérant qui continue à circuler dans la cuve et les GV.
Le réfrigérant contient aussi les produits de corrosion et le tritium. En fonctionnement normal ces produits sont décelés par le circuit de contrôle volumique et chimique.

3) L'enceinte de confinement :
Elle a pour but de contenir tout produit radioactif qui passerait la deuxième barrière en cas de rupture ou de fuite de circuit primaire.

c) Des pompes à basse pression et à grand débit.

Les pompes de système d'injection de sécurité prennent de l'eau dans le réservoir de remplissage de la piscine du réacteur. Quand ce réservoir est vide l'aspiration des pompes est alors automatiquement basculée vers l'eau accumulée dans les puisards de l'enceinte de confinement. Voir Fig.3.

4.2.Contrôle volumique et chimique

Ce circuit effectue plusieurs tâches aussi bien en fonctionnement normal qu'en cas d'incidents ou d'accidents :

- Il contrôle la masse d'eau dans le circuit primaire et il sert à maintenir le niveau d'eau dans le pressuriseur.

- Il contribue au contrôle de la teneur en bore de l'eau primaire, permettant en particulier de contrôler les transitoires de réactivité dans le cœur dûs au xénon, ou dûs à l'épuisement du cœur.

Refroidissement de réacteur à l'arrêt

Sa fonction principale est l'évacuation de la chaleur résiduelle du cœur pendant toute la période de l'arrêt à froid. Son point de départ est la branche chaude d'une boucle. Une partie du réfrigérant passe par un échangeur de chaleur pour être ensuite réinjectée dans la branche froide à l'aide des pompes.

L'arrêt d'une centrale est accompli en deux phases :

a) Après arrêt du réacteur, la chaleur qui continue à être dégagée est transportée par le circuit primaire au GV. La vapeur générée dans les GV est détournée vers le condenseur ou déchargée dans l'atmosphère.

b) Quand la température du réfrigérant primaire tombe a ~ 180°C (environ 4 heures après l'arrêt du réacteur) le circuit RRA est mis en service.

4.4 - Aspersion de l'enceinte

Dans le cas d'une décharge de réfrigérant, suite à une brèche dans le circuit primaire par exemple, la température et la pression dans l'enceinte augmentent. Le système d'aspersion arrose donc l'intérieur de cette enceinte avec de l'eau à une température ambiante pour éviter toute pressurisation qui pourrait endommager l'enceinte. L'eau pulvérisée contient (1) du bore, car elle risque d'être renvoyée à la cuve dans le cas où le système d'injection de sécurité est en marche, (2) de l'hydroxide de sodium qui sert à absorber l'iode, produit de fission, qui existerait en forme de gaz dans le confinement suite à un accident de LOCA.

En cas de variations de pression lors des transitoires incidentels ou accidentels, un système de chaufferettes et un système d'aspersion sont utilisés pour augmenter ou diminuer la pression.

En cas de surpression rapide, des vannes de décharge sont ouvertes pour laisser échapper la vapeur vers un réservoir d'eau où elle est condensée. Le réservoir lui-même est protégé contre les surpressions par un disque de rupture.

Le pressuriseur est muni aussi des soupapes de sûreté qui s'ouvrent automatiquement lorsque la pression atteint leur point de tarage.

3 - Circuit secondaire (vapeur)

Le circuit secondaire comprend le côté secondaire de GV, les lignes vapeurs, la turbine, le condenseur, le système de contournement au condenseur, les vannes d'isolement de vapeur, les soupapes de sécurité, les soupapes de décharge de la vapeur à l'atmosphère, et les pompes alimentaires. Voir Fig.2.

En fonctionnement normal la vapeur de GV transfère une partie de son énergie au turbo-alternateur, la vapeur sortant des turbines est condensée dans le condenseur avant d'être renvoyé vers le GV par les pompes d'eau alimentaire.

Dans le cas d'une interruption de débit de vapeur à la turbine un contournement vers le condenseur et / ou une ouverture des vannes de décharge à l'atmosphère permet d'éviter toute surpression nuisible au système.

En cas de perte de l'eau alimentaire par les pompes, un système de secours permet d'alimenter en eau les GV à partir d'une bache, ce qui donne un temps suffisant à l'opérateur pour entreprendre l'action nécessaire à rétablir un état de fonctionnement normal conforme à la sûreté.

4 - Circuits auxiliaires

4.1 - Injection de sécurité

Ce circuit intervient dans le cas de dépressurisation de circuit primaire afin d'assurer le refroidissement du cœur. Il comporte :

a) Des pompes d'injection haute pression. Dans le cas d'une brèche primaire ou d'une rupture de tuyauterie vapeur ces pompes injectent dans le circuit primaire de l'eau à basse température et à haute concentration d'acide borique (21000 ppm).

b) Des accumulateurs (un par boucle) qui entrent en jeu et déchargent leur contenu quand la pression primaire descend en dessous d'environ 40 bar.

I.LES REACTEURS A EAU PRESSURISEE (PWR)

Une chaudière nucléaire de type PWR consiste essentiellement en un réacteur, un circuit primaire pour le refroidissement du coeur, un circuit secondaire pour la génération de vapeur et un nombre de circuits auxiliaires qui assurent la sécurité et le bon fonctionnement du réacteur et du circuit primaire.

Ne seront décrits très brièvement dans cet exposé que les composants, circuits ou notions physiques qui seront essentiels à la discussion des accidents qui suivra. Pour plus de détails le lecteur est prié de consulter des références appropriées.

1 - Le réacteur

Le réacteur nucléaire est constitué par un nombre d'assemblages de combustible (4m en hauteur) contenus dans une cuve d'acier (12 mètres en hauteur et ~ 20cm en épaisseur). Voir Fig.4. En plus du combustible, notons aussi les internes qui ont pour buts le support du combustible, la répartition et le guidage des grappes de contrôle et d'instrumentation.

2 - Le circuit primaire

La fonction principale du circuit primaire est l'évacuation, d'une façon permanente, de la chaleur générée dans le cœur vers le circuit secondaire. Ses principaux éléments sont :

a) La cuve.

b) Deux à quatre boucles dont chacune est formée de tuyauteries primaires, un générateur de vapeur et une pompe primaire.

c) Le pressuriseur.

En fonctionnement normal les pompes primaires assurent la circulation de l'eau dans la cuve, les branches chaudes, froides et intermédiaires et les générateurs de vapeur. Voir Fig.1.

L'eau de toutes les branches froides entre dans la cuve (à la température de 285°C), passe par une zone annulaire autour du cœur, descend vers le plénum inférieur avant de monter entre les crayons de combustible. Voir Fig.1. L'eau ainsi chauffée dans le cœur sort de la cuve (à la température de 320°C) et est conduite par les branches chaudes vers le plénum d'entrée des GV. L'eau primaire, lors de son passage dans les tubulaires des GV, transfère une partie de sa chaleur à l'eau dans le circuit secondaire avant de sortir par le plénum de sortie, et d'être refoulée par les pompes vers les branches froides et la cuve.

La pression dans le circuit primaire est suffisamment élevée, 155 bars (2250 psi) à pleine puissance, et supérieure à la pression de saturation de l'eau.

Le pressuriseur est utilisé pour maintenir la pression primaire dans la bande de fonctionnement normal.

Les accidents nucléaires : causes et conséquences

Mustapha Rochd

Dans les huit dernières années deux accidents nucléaires graves ont eu lieu : Three Mile Island et Tchernobyl.

Dans le premier cas, les produits radioactifs relâchés par le réacteur ont été retenus dans l'enceinte de confinement. Dans le deuxième cas, en revanche, une explosion de vapeur a endommagé la centrale de Tchernobyl et permis à la radioactivité de s'échapper à l'extérieur; de plus il y a eu perte de vie humaine. Les deux réacteurs sont de conceptions différentes et les conséquences de leurs accidents étaient aussi différentes, particulièrement catastrophiques dans le cas de Tchernobyl.

Quelles sont les vraies causes de ces accidents : erreurs humaines, ou conception défectueuse ? Quels enseignements pouvons-nous en tirer ? Les risques de l'énergie d'origine nucléaire sont-ils plus graves que ceux d'autres sources d'énergie ?

° ° °

Pour répondre à ces questions il nous faudra d'abord comprendre pourquoi et comment ces accidents se sont produits.

Il sera utile et même nécessaire de donner un bref rappel des caractéristiques des deux filières concernées : le PWR et le RBMK afin de faciliter la comparaison entre les deux accidents.

Nous présenterons en section I une description assez sommaire de la filière PWR, en section II une brève discussion des critères imposés par les autorités de sûreté qui forcent le constructeur à analyser tous les accidents crédibles et à prévoir des systèmes de sauvegarde adéquats.

En section III nous aborderons l'accident de Three Mile Island, et en section IV nous discuterons de Tchernobyl et de ses conséquences. Nous serons enfin en mesure de tirer des conclusions générales sur les accidents nucléaires.

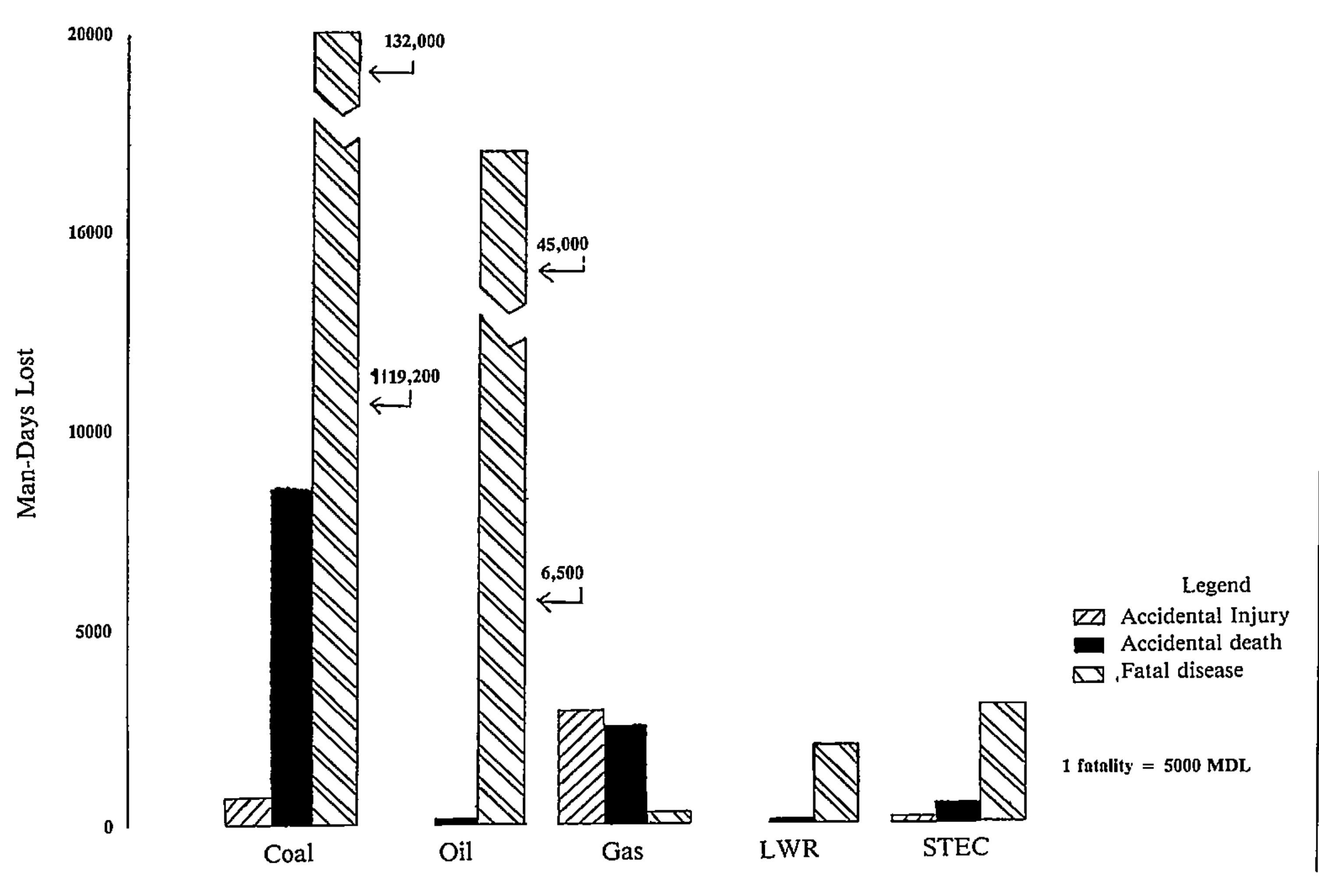


Diagram : PUBLIC HEALTH EFFECTS/GWa (e)

Table 19 : PROBABILITY OF ONE OR MORE EARLY FATALITIES

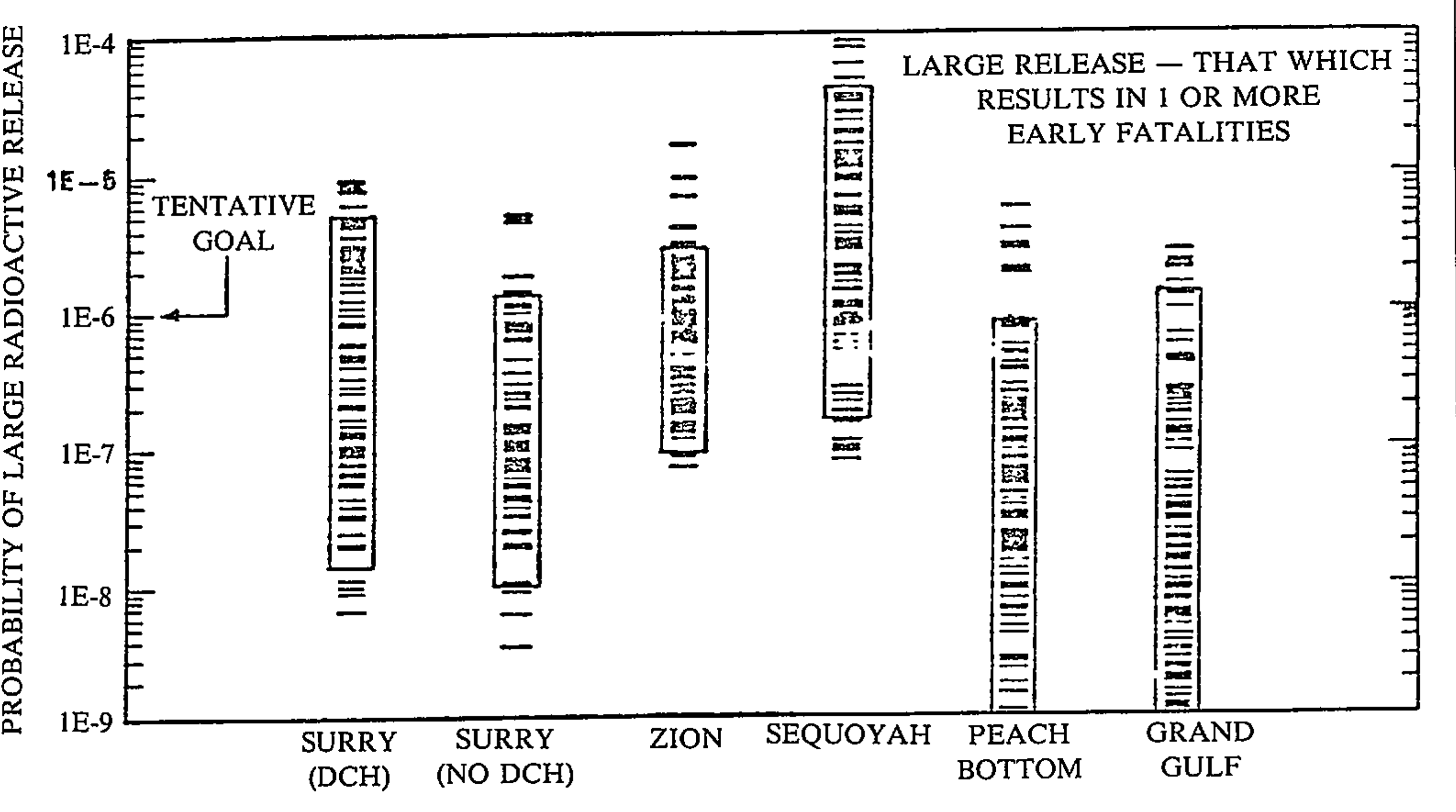
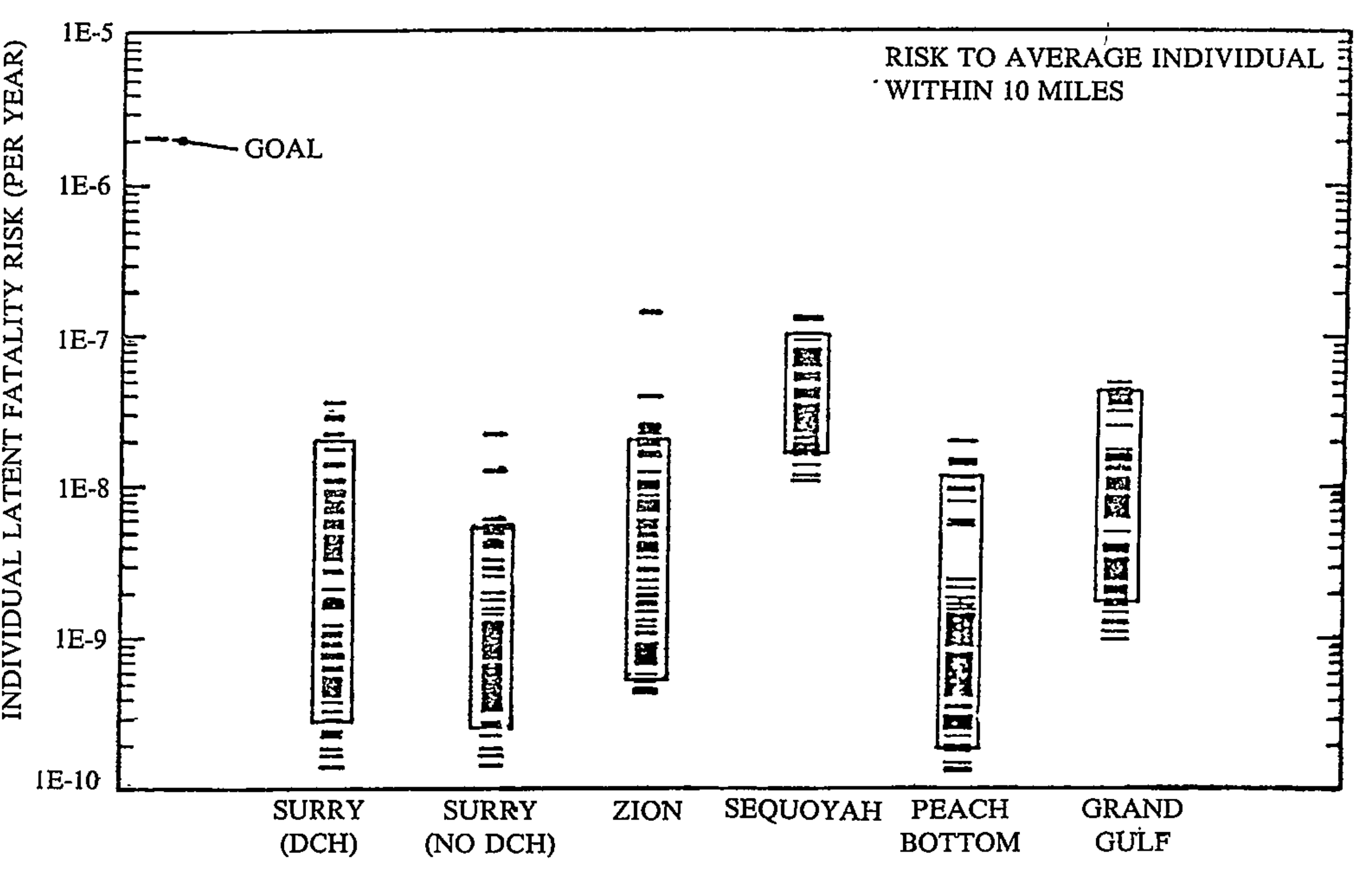
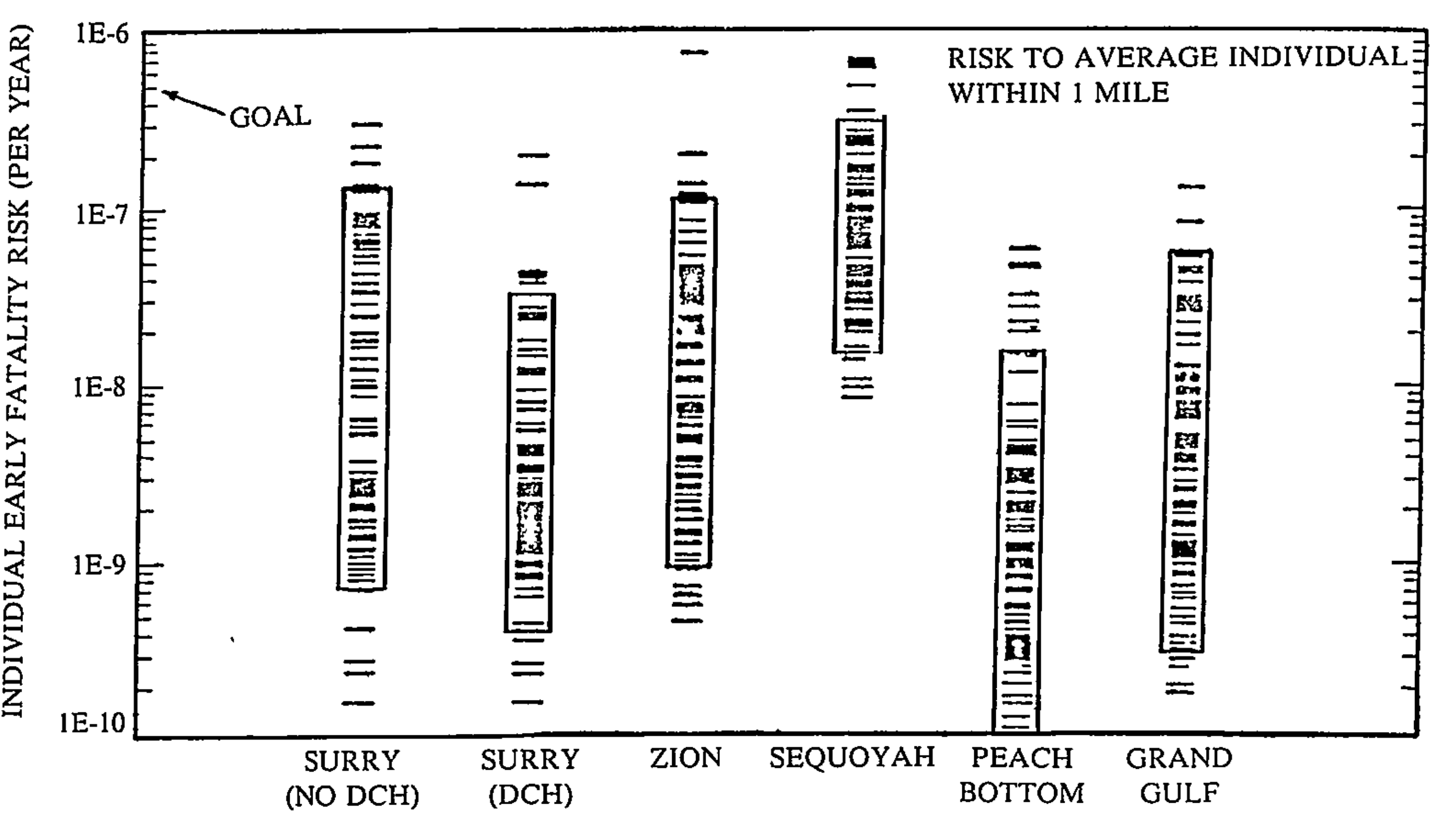


Table 18 : COMPARISON WITH NRC SAFETY GOALS
(LATENT CANCER FATALITIES)



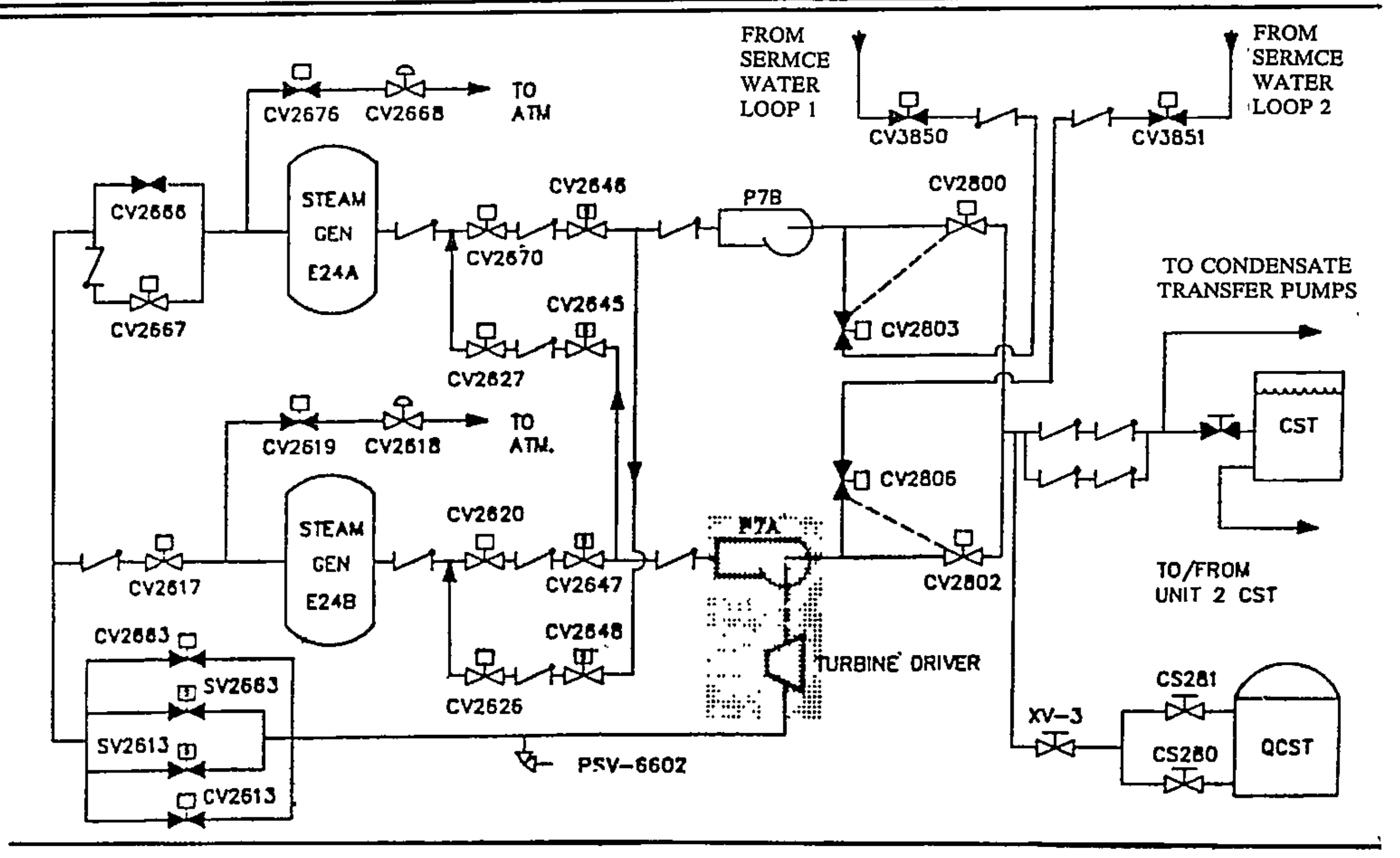
DCH = DIRECT CONTAINMENT HEATING

Table 17 : COMPARISON WITH NRC SAFETY GOAL (EARLY FATALITIES)



DCH = DIRECT CONTAINMENT HEATING

Table 16 : EMERGENCY FEEDWATER SYSTEM SCHEMATIC



SYSTEM MENU

END OF INPUT

Table 15 : SAFETY-RELATED SYSTEMS FOR WHICH SCHEMATICS ARE AVAILABLE

1. North Battery and Switchgear Romms Emergency Colling System
2. South Battery and Switchgear Rooms Emergency Cooling System
3. Core Flooding System
4. DC Power System
5. Emergency AC Power System
6. Emergency Feedwater Initiation and Control System
7. Emergency Feedwater System
8. Engineered Safeguards Actuation System
9. High Pressure Injection System
10. Low Pressure Injection System

Table 13 : RELIABILITY CRITERIA FOR SAFETY FUNCTIONS IN FINLAND

SAFETY FUNCTION	UNRELIABILITY
Making the reactor subcritical	10^{-5}
Isolation of the conteinment	10^{-3}
Supply of feedwater when the off-site power or the main feedwater supply is lost	10^{-4}
Operation of emergency core cooling in the case of a small reactor coolant leak	10^{-4}
Rapid reactor pressure reduction and long term pool cooling (BWR)	10^{-4}

Source : Virolainen, R., Use of Reliability and Risk Standards as Bases for Acceptance in Lincensing and Regulation of Nuclear Power Plants, IAEA, Vienna 1965.

MODULAR HTGR MEETS USER REQUIREMENTS

- PLANT SIZES 150-600 MW(e) RANGE
- EQUIVALENT AVAILABILITY > 80%
- PROBABILITY OF REACTOR MODULE LOSS < 10^{-5}/MODULE-YR
- MEET EXISTING SAFETY AND LICENSING CRITERIA WITH NO PUBLIC SHELTERING FOR EVENT FREQUENCIES > 5×10^{-7}/YEAR
- 10% POWER COST ADVANTAGE OVER COAL

table 14 : RISK IMPLICATIONS OF THE CURRENT PLANT STATUS

40 IS THE RISK FACTOR WITH THE FOLLOWING EQUIPMENT OUT OF SERVICE

Battery and Swgr. Room Cooling System-Chilled Water Train A Fails
Emergency Feedwater Pump P7A Fails

MENU FOR ADDITIONAL INFORMATION

1. Ranking of safety-related equipment
2. Ranking of core melt scenarios
3. Improvement from repair
4. Return to Control Screen

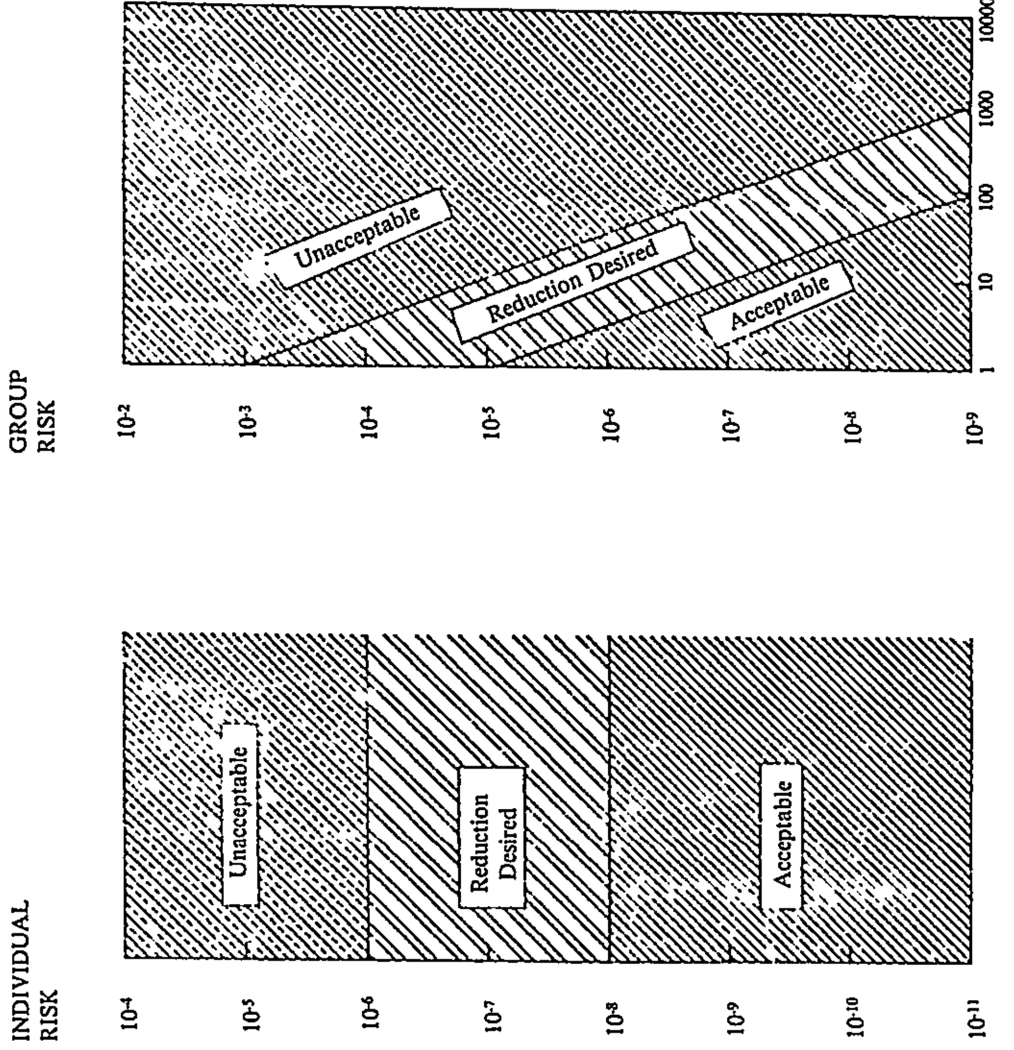


Table 12 : PRELIMINARY SAFETY CRITERIA (NETHERLANDS)

Table 11 : NRC SAFETY GOALS (QUANTITATIVE)

- INDIVIDUAL : (1 mile)

  PROMPT FATALITIES $\leq \frac{1}{1000}$ ALL OTHER ACCIDENTS

  (5/10.000)-------→5.10^{-7})
- SOCIETAL : (10 miles)

  CANCER FATALITIES $\leq \frac{1}{1000}$ ALL CANCERS

  (19/10.000-------→10/10'

[• $ 1000 (1983) PER MAN-REM *]

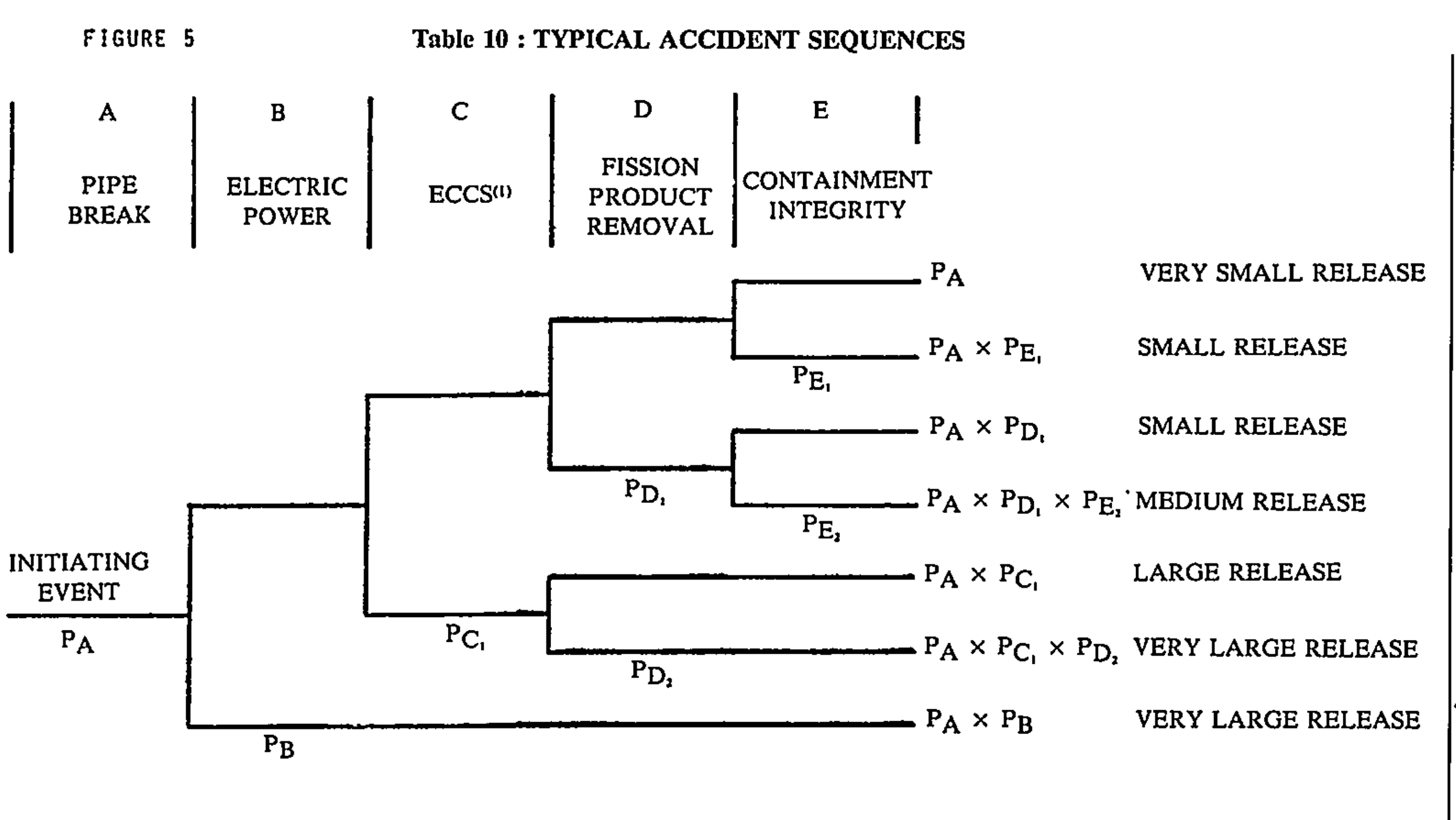
[• P (LARGE SCALE CORE MELT) < 10^{-4} PER REACTOR-YEAR]

LARGE RELEASE < 10^{-6} per reactor-year*

* on-site radiological and economic costs averted
* performance quideline

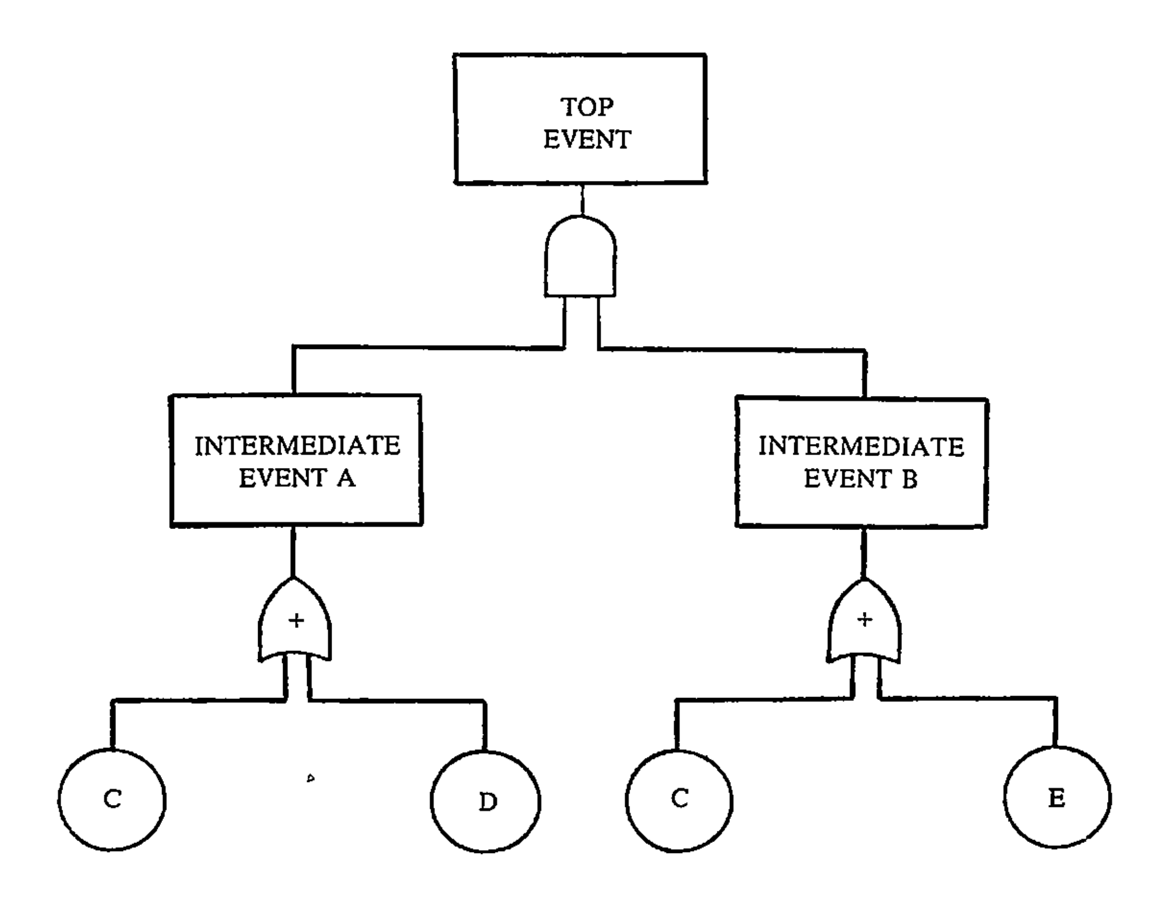
FIGURE 5

Table 10 : TYPICAL ACCIDENT SEQUENCES



(1) Emergency core cooling system

Table 9 : EXAMPLE OF A FAULT TREE



THE HIGHER EVENT IS OUTPUT OF GATE

THE LOWER EVENTS ARE INPUT TO GATE

THE GATE DENOTES THE BOOLEAN RELATIONSHIP OF INPUT EVENTS REQUIRED TO PRODUCE THE OUTPUT EVENT

Table 7 : FATAL ACCIDENTS/COAL MINING

EEC (Belgium, France, FR Germany, U.K)

Year	Deaths
1983 1984 1985	91 98 107
Average occupational risk 1 fatal accident in 1000 workers	

Table 8 : SEVERE ACCIDENTS/ HYDRO DAMS (USA)

	PROBABILITY / DAM-YEAR	DEATHS
Severe accidents All accidents	$1.3 \cdot 10^{-4}$ $8 \cdot 10^{-4}$	11. -260.000 80

Table 6 : SUMMARY OF CURRENT ENERGY SOURCE EXCESS MORTALITY PER YEAR OF GWyr (e) *

Fuel cycle	Occupational		General public		Toltal
	Accident	Disease	Accident	Disease	
Nuclear (U.S. population) All nuclear With 100% of electricity used in the fuel cycle produced by coal power	0.22[a] 0.24-0.25[a,c]	0.14[b] 0.14-0.46[b,a]	0.05[c] 0.10[c,g]	0.18-1.3[b] 0.77-6.3[h]	0.59-1.7 (1.0)[b] 1.2-6.8 (2.9)
Coal (regional population)	0.35-0.65[c]	0-7[7]	1.2[g]	13-110[h]	15-120 (42)
Ratio of coal to nuclear (range) : (geometric means)		42 (all nuclear) 14 (with coal power)[i]			

(*) Source : R.L. Gotchy, NUREG-O332 (Ref. 14).

Table 5 : FATALITY RATES BY OCCUPATION
CANADA 1976-1980

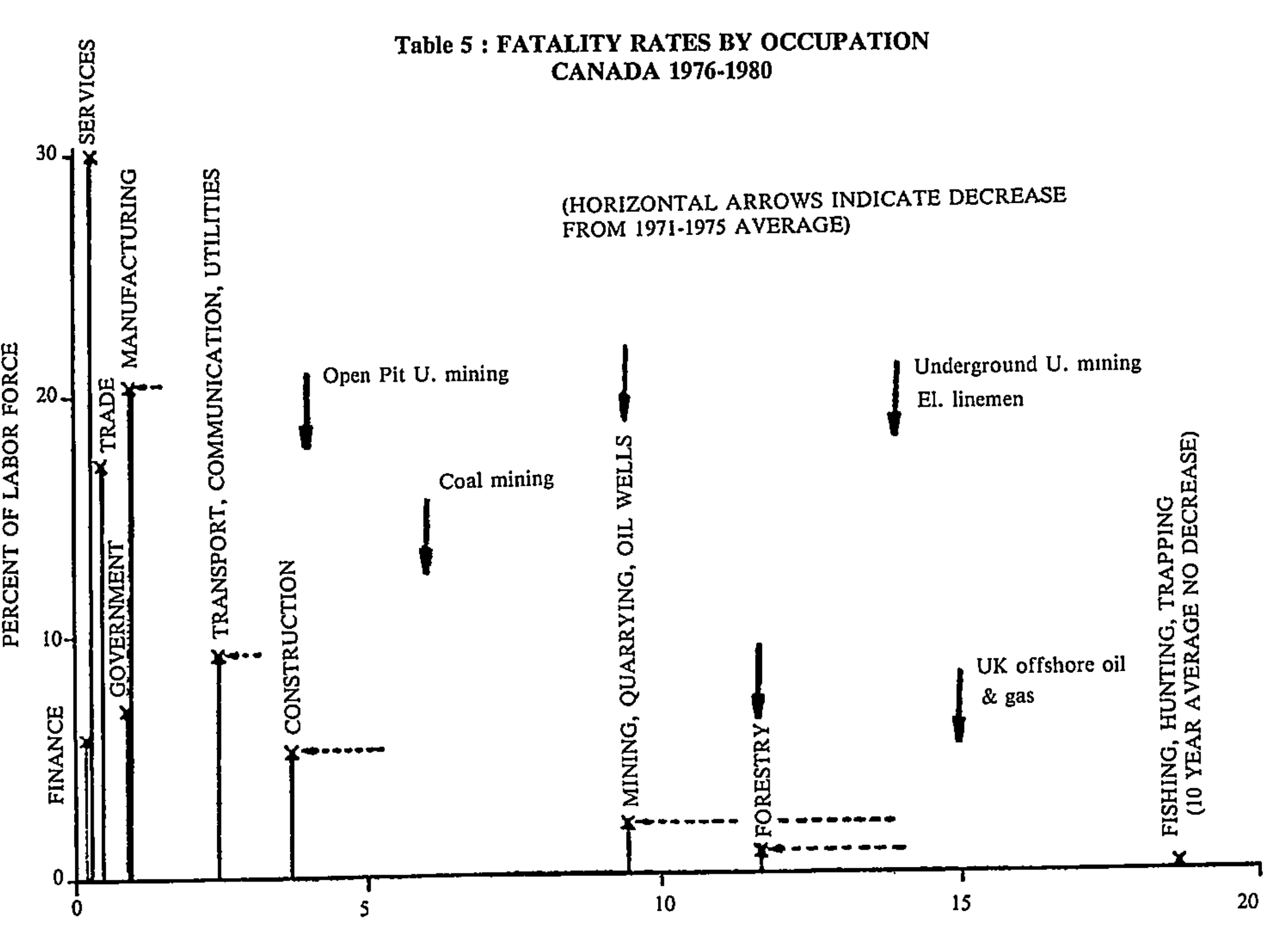


Table 3 : SAMPLE LARGE ACCIDENTS IN THE TECHNICAL SECTOR IN 1980

Place/Country	Kind of damage	Number of deaths
Bangkok/Thailand	Explosion in an ammunition factory	54
Ortuella/Spain	Explosion	51
Orissa/India	Dam failure	1,000
Tamil Nadu/India	Explosion in an explosives Storage	40
Gulf of Po Hai/China	Overturn of an oildrilling platform	70
North Sea/Norway	Overturn of a housing platform in the North See	123

Table 4 : SAMPLE LARGE ACCIDENTS IN TRANSPORTATION 1980

Number of catastrophical events	Severest Catastrophe (deaths/country)	Tolal deaths
14 Aircraft crashes	301 / Saudi Arabia	1287
4 Rail accidents	62 / Poland	113
10 Bus accidents	48 / Mexico	295
12 Ship accidents	300 / China	966

Source : IAEA Coordinated research programme (1986)

Table 1 : ANNUAL RISK OF MORTALITY AMONG U.S. GENERAL POPULATION

SOURCE OF RISK	MORTALITY
All causes of death	2 100 000
Major cardio-vascular dieases	1 100 000
Total cancer	400 000
Cigarettes smoking	330 000
Automobile driving	57 000
Falls	17 000
Fires and hot substances	7 000
Drowning (noyade)	6 200
Natural background radiation	2 500
Air travel	1 500
Railway travel	600
Lightning	88
Electricity production	2000 - 19 000

Table 2 : COMPARISON BETWEEN DIFFERENT RISK TYPES IN THE USA (1973)

type of Hazard	Deaths per year per 100,000 people
Natural catastrophes (global)	1.0
Severe accidents associated with large technical complexes	0.22
Daily (small) accidents caused by transport, work etc.	58

Source : IAEA Coordinated Research Programme 1984

IV - Applications

Such attitudes, however, have not prevented the application of Probabilistic Safety Analysis. This method is now made available and can be utilized at the plant, in the control room, for day-to-day operation of nuclear power plants. The most modern computor code in this area has a complete Level 1 PSA.

With this program, you can have different categories of safety-related information : risk implications of current plant status, dominant accident sequences, safety related systems, support systems, operator actions... It is like an expert system helping the operator. If you select the first option, you get a list of all the safety related systems for which schematics are available (Table 14, 15, 16). You can take these different systems and put them out of operation. It takes 8 seconds for the computor to calculate a new core melt probability, whether the failure was technical or human.

The results which have been discussed everywhere in the world and which were issued about two months ago for Surrey, Zion, Sequoyah, Peach Bottom, and Grand Gulf have been compared with NRC safety tentative goals for early fatalities (Table 17), for latent cancer fatalities (Table 18) and for the probability per year of major releases of radio-active materials (Table 19). But since there is no policy statement defining what a significant release of radio-active material was, we have assumed in this study that large releases are those which result in one or more early fatalities. If you take all these goals, you can see how the various plants compare with it.

May I with this conclude my presentation of risk of energy systems, definition of risk of nuclear power, the effort on how to develop probabilistic safety criteria and how present designs compare with such criteria.

if these results are acceptable, or unacceptable. This constitutes a drastic change in the whole thinking behind safety. With this approach, we have to accept the consequences, though the probability has to be low, whereas formerly, we had to rule-out all possible consequences. This will, of course, create many problems for the existing legal systems.

The method used calculating probability risk is the «Fault Tree» system and scenario analysis (Tables 9 and 10). You start with initiating events, and then you go through all the different accident sequences of which you calculate the probability. But in order to know the probability of the accident sequences, you need to know the probability of failure of the different systems at each point, and this is also done by Fault Tree analysis.

In principle, the information you can get from such an analysis is a probability of failure of safety components, safety systems, safety functions and the probability of initiating events, accident sequences, and core melt. These are the so-called Level 1 PSA. If containment performance and large releases of radio-active materials are included, we have Level 2 PSA. You can go even further and calculate the atmospheric dispersion and the impact on people. You can indeed calculate individual risk, societal risk and maybe even do some cost-benefit (effectiveness) analysis. This is called Level 3 PSA.

III - Probabilistic Safety Criteria

If these calculations are to be done, however, we have to develop criteria for judging the numerical results of such probabilistic analysis, that is quantitative and qualitative goals. Several systems have been devised to this end by various countries members of IAEA.

In Argentina, the optimisation approach has been utilized for a long time, and I think that Mr. Gonzalez will be reporting about this method in more detail.

In the United States of America, the National Regulatory Committee (NRC) has issued tentative safety goals. The risk goal for an individual at one mile's distance from the nuclear plant is 5/10000. The societal risk goal for an individual at 10 miles from the site is 19/10000. The probability for large releases of radio-active materials has to be less than 10^{6} per reactor/year, and large scale core melt, 10^{-4} (Table 11).

In the Netherlands, we have also criteria for individual and for group risk. The acceptable individual risk is 10^{-6} and the unacceptable individual risk is 10^{-8}. The key value here also is 10^{-6} (Table 12).

Many countries do not like such an approach and they prefer, like Finland, for example, to work on a lower level. In this country, reliability criteria have been set up for each safety function (Table 13), and these criteria are used to discuss future designs of nuclear power plants (see the advertisement for the modular HTGR (High Temperature Gas Reactor) below.

Comparing total fuel cycle risks of various energy systems for the public, I was able to analyse five different energy systems from mining to production of electricity (the data has been normalized to the production of 1 GWa (e). The diagram below shows the data for public health effects of accidents in coal, oil, gas, LWR and STEC (solar) systems. The risk for the public in man-days lost is dominated by far by coal and oil, mainly because of the emission of sulphur, nitrogen and particles in burning the coal.

The latest comparative risk study of various energy systems has been conducted in the United States of America (Table 6). It reveals that if all the energy of the nuclear cycle is coming from nuclear power, then the toal number per 0.8 GWyre(e) is about 0.6 to 1.7 people killed, occupational and public. The same number for coal is about 15 to 120. This means that between coal and nuclear, there is a ratio of 42 if all the energy of the cycle is coming from the nuclear; and if this energy is coming from coal, the ratio is 14 in favour of nuclear power.

According to the latest data, the average occupational risk from coal mining in Belgium, France, the Federal Republic of Germany and the United Kingdom is about 1 fatal accident in 1000 workers/year (Table 7).

A study for severe accidents from hydro-dams in the United States has estimated the probability of dam failure per dam/year at about 10^{-4}, i.e. 1 in 10000 years (Table 8).

I have compared the risks of the various energy systems and the risks of nuclear power to other industrial risks. I would like now to go into the problem of how to calculate the risk of nuclear power and to analyse severe accidents.

II - Severe Accidents Analysis

Probabilistic safety analysis (PSA) is a method that can be used to answer the following basin question :

— What can happen ? i.e. what can go wrong ?
— How likely is it to occur ?
— If it does, what are the consequences ?

This approach constitute a drastic change in nuclear safety philosophy. There is a change from the deterministic approach, or from the sole deterministic approach, which was based on a set of engineering principles (like redundancy, containment, multi-barrier systems, etc...). The deterministic approach was also based on a set of what is called «credible accidents», «design-based accidents», where the criteria is to rule out serious consequences.

The probabilistic approach is different in the sense that it tries to model all possible accident sequences, going beyond design-based accidents. It tries to estimate the probability and analyse the results. It then uses criteria which tell

Comparative Risk Analysis

Fredrick Niehaus

Any technology is posing risks to human health and the environment. Since risks cannot be reduced to zero it is necessary to decide on the level of risk which is acceptable.

One way of deriving such a yardstick is to use comparative risk assessment. Recent history of severe accidents, including hydro-dam failures, chemical indus-try and nuclear power plants accidents, demonstrate the need to better consider low probability/high consequence accidents.

Probabilistic Safety Analysis (PSA) provides the tool to analyse severe accidents. Such an analysis can be performed at the plant level or at the level of public health. The quantitative results of PSA call for probabilistic safety criteria which allow to judge if the estimated risks are acceptable.

I - Comparative Risk

Comparative risk analysis has demonstrated that the largest source of risk in every society is from daily small accidents caused by transport, fires, heart disease... This is a sector of 60% more risk than natural catastrophes (Table 1 and 2).

Nevertheless, we have to be more concerned about large accidents, such as the ones which occured in the technical sector in 1980 and which caused between 50 and 1000 deaths (Table 3). Transport accidents (aircraft crashes, rail, bus and ship accidents) for the same year have made in total nearly 1000 victims (Table 4). Occupational risks for Canada, for example, are estimated for one year at 10.000 deaths in the various branches of industry (Table 5). Construction, transport, manufacture, government and trade are considered low risk areas. More risky are mining, quarrying, oil wells drilling, forestry... Open pit mining is as dangerous as construction, but coal mining is somewhat more dangerous. Underground mining and electrical linemen are considered the high risk side; and so are off-shore oil and gas drilling activities.

introduite, si une telle organisation n'existe pas encore, il faudrait au moins prendre des mesures de contrôle de la radioactivité, car les nuages radioactifs ne respectent pas les frontières, et de contrôle des produits alimentaires à l'importation et à l'exportation pour éviter toute consommation par la population d'aliments gravement contaminés.

Au Maroc où l'introduction de l'énergie nucléaire est sérieusement envisagée à l'horizon 2000 en raison des impératifs de notre développement, nous avons entamé avec l'aide de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique, l'élaboration de la législation relative à la protection contre les rayonnements ionisants et la mise en place des structures d'intervention.

C'est ainsi que le Gouvernement du Royaume du Maroc vient d'approuver les deux conventions de Vienne en date du 26 Septembre 1986 relatives à l'assistance en cas d'accident nucléaire et à la notification rapide d'un accident nucléaire.

Par ailleurs le Centre National de l'Energie, des Sciences et des Techniques Nucléaires, récemment créé, est appelé à devenir le soutien scientifique et technique des étapes de réalisation du programme électronucléaire marocain.

.Enfin, des unités de mesure de la radioactivité sont en cours d'installation dans différents laboratoires spécialisés.

Honorables Académiciens et chers collègues,

Je suis persuadé que vos réflexions, études et analyses contribueront à aider l'Humanité à aborder, avec plus de confiance et grâce à une meilleure formation et information, cette ère nouvelle où la radioactivité deviendra plus familière.

° ° °

Mais alors, au moment où l'énergie nucléaire, outre sa large utilisation dans les domaines de la médecine et de la recherche scientifique, contribue à hauteur de 16% environ dans la production de l'électricité à l'échelle mondiale (dans certains pays européens cette proportion atteint 70% environ) et constitue un apport indispensable au développement de certains pays du tiers monde, l'accident de Tchernobyl est-il de nature à remettre en cause l'avenir de l'utilisation de l'énergie nucléaire ?

Les ressources de pétrole et de gaz se feront rares dès le début du siècle prochain et la production charbonnière, trop sollicitée, pourrait alors devenir insuffisante. Dans ces conditions l'énergie nucléaire de fission, telle qu'elle existe actuellement, resterait la seule alternative importante pour le demi-siècle à venir.

En tenant compte de ces apports positifs et des tendances actuelles, il semble bien que l'on ait atteint un point de non retour dans le développement de l'énergie nucléaire.

Alors, comme l'a souligné récemment Monsieur Bans Blix, directeur général de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique, il ne reste plus qu'à accepter ce développement, apprendre à maîtriser davantage la sûreté des réacteurs pour éviter de nouveaux accidents et limiter les dégâts dans le cas, devenu ainsi peu probable, d'accident nucléaire.

Aussi, l'ordre du jour de la présente session de l'Académie du Royaume du Maroc consacré à l'étude des dispositions à prendre en cas d'un tel accident, s'articule autour des aspects suivants :

- étude comparative des accidents pouvant se produire avec les différentes sources d'énergie (hydraulique, fossile, nucléaire) et leurs contributions respectives à la pollution de l'environnement;

- étude des effets des radiations sur l'homme;

- étude de deux exemples d'accident devenus historiques par leurs conséquences importantes sur le développement de l'énergie nucléaire : Three Mile Island aux USA (1979) et Tchernobyl en URSS (1986);

- examen des mesures préventives en prévision de tels accidents notamment par le choix du site adéquat et par le maintien en parfait état de fonctionnement des systèmes de contrôle de sûreté, de sécurité et de surveillance automatisés;

- enfin les mesures à prendre, en cas d'accident.

Il convient de préciser que des mesures de prévention sont déjà planifiées dans les pays où l'énergie nucléaire est développée et des exercices réguliers sont pratiqués pour les assimiler dans le cadre d'une organisation rigoureuse et d'une coordination des services de protection civile et d'intervention.

Mais dans les pays en développement, où l'énergie nucléaire n'est pas

Introduction du thème de la session

Azzedine LARAKI

Honorables Académiciens et chers collègues,

Conformément aux Hautes Directives de SA MAJESTE LE ROI Hassan II, Protecteur de Notre Académie, nous tenons la Ière session de l'année 1987 autour du thème «Mesures à décider et à mettre en œuvre en cas d'accidents nucléaires».

La simple évocation de ce thème nous rappelle l'accident nucléaire de Tchernobyl du 26 Avril 1986 qui a marqué tragiquement l'histoire du nucléaire civil.

Certes, depuis cette date, le monde en désarroi, a constaté que l'énergie nucléaire, réputée fiable et maîtrisable, pouvait avoir ses accidents dont les retombées, en matière de pollution radioactive, pouvaient toucher un grand nombre de pays même ceux fort éloignés du lieu de la catastrophe.

L'accident de Tchernobyl imputé au début à des défaillance dans les circuits de refroidissement, à l'instar des précédents incidents de 1957 en Grande Bretagne et de 1979 aux USA, s'est avéré, après analyse par les spécialistes réunis à Vienne fin Août 1986, beaucoup plus grave.

En effet, la défection du système de contrôle de sécurité de la réaction en chaîne dans les réacteurs soviétiques jumelée à des défaillance humaines ont entraîné la dislocation du cœur du réacteur.

Les conséquences immédiates et à terme de cet accident tant sur la population que sur l'environnement, révélées par les milieux spécialisés, sont dramatiques.

Depuis, l'opinion publique internationale a ressenti de graves appréhensions, ce qui a poussé les autorités de certains pays à instaurer le contrôle radioactif systématique des aliments importés et exportés.

TABLE DES MATIERES

LES PUBLICATIONS DE L'ACADEMIE

I — Collection «Sessions»

- «Les crises spirituelles et intellectuelles dans le monde contemporain», travaux du theme de la session académique de novembre 1981.
- «Eau, nutrition et démographie», 1ère Partie, travaux du thème de la session académique d'avril 1982.
- «Eau, nutrition et démographie», 2ème Partie, travaux du thème de la session académique de novembre 1982.
- «Les potentialités économiques et la souveraineté diplomatique», travaux du thème de la session académique d'avril 1983.
- «De la déontologie de la conquête de l'espace», travaux du thème de la session académique de mars 1984.
- «Le droit des peuples à disposer d'eux-mêmes», travaux du thème de la session académique d'octobre 1984.
- «De la conciliation entre le terme du mandat présidentiel et la continuité de la politique intérieure et étrangère dans les Etats démocratiques» travaux du thème de la session académique d'avril 1985.
- «Un trait d'union entre l'orient et l'occident : Al-Ghazzali et Ibn Maimoun», travaux du thème de la session académique de novembre 1985.
- «La piraterie au regard du droit des gens» travaux du thème de la session académique d'avril 1986.
- «Problèmes d'éthique engendrés par les nouvelles maîtrises de la procréation humaine», travaux du thème de la session académique de novembre 1986.

II — Collection «Patrimoine»

- «Al-Dhail wa Al-Takmilah», d'Ibn 'Abd Al-Malik Al-Marrakushi, Vol. VIII, 2 tomes, (biographies maroco-andalousses), édition critique par M.Bencharifa, Rabat, 1984.
- «Al-ma'wa ma warada fi chorbihi mine al-adab», (apologétique de l'eau), de M.Choukry Al Aloussi, édition critique de M.Bahjat Al-Athari, Rabat, mars 1985.
- «Maâlamat Al-Malhoune» 1er et 2ème partie du 1er volume, Mohamed El Fassi, Avril 1986, Avril 1987.
- «Diwane Ibnou Fourkoune», recueil de poèmes, présenté et commenté par Mohamed Bencharifa, mai 1987.

III — Collection «Séminaires»

- «Falsafat Attachriâ Al Islami» 1er séminaire de la commission des valeurs spirituelles et intellectuelles 1987.
- «Actes des séances solennelles consacrées à la réception des nouveaux membres», (1980-1986), Decembre 1987.

IV - Revue «Academia»

- «Academia», Revue de l'Académie, Numéro Inaugural relatant la cérémonie de l'inauguration de l'Académie par SA Majesté le Roi Hassan II, le 21 avril 1980, la réception des académiciens, ainsi que les discours prononcés à cette occasion et les textes constitutifs de l'Académie.
- «Academia», Revue de l'Académie, N°1, Février 1984.
- «Academia», Revue de l'Académie, N°2, Février 1985.
- «Academia», Revue de l'Académie, N°3, Novembre 1986.
- «Academia», Revue de l'Academie, N°4, Novembre 1987.



Publications de l'Academie du Royaume du Maroc
Collection « Sessions »

MESURES A DECIDER ET A METTRE EN ŒUVRE EN CAS D'ACCIDENT NUCLEAIRE

Session 11 – Paris 10-11 Juin 1987

LES MEMBRES
DE L'ACADEMIE DU ROYAUME DU MAROC

Haj M'hamed Bahnini Royaume du Maroc
Léopold Sedar Senghor · Sénégal
Henry Kissinger : U S A
Mohamed El Fassi Royaume du Maroc
Maurice Druon : France
Abdellah Guennoune : Royaume du Maroc
Neil Armstrong : U S.A.
Abdellatif Benabdeljalil Royaume du Maroc.
Edgar Faure † : France
Mohamed Ibrahim Al-Kettani : Royaume du Maroc.
Emilio Garcia Gomez : Royaume d'Espagne
Abdelkarim Ghallab : Royaume du Maroc.
Otto De Habsbourg : Autriche.
Abderrahmane El Fassi : Royaume du Maroc
George Vedel : France.
Abdelwahab Benmansour . Royaume du Maroc
Mohamed Aziz Lahbabi Royaume du Maroc.
Huan Xiang : République Populaire de Chine
Mohamed Habib Belkhodja : Tunisie.
Mohamed Bencharifa · Royaume du Maroc
Ahmed Lakhdar-Ghazal : Royaume du Maroc
Abdullah Omar Nassef : Royaume d'Arabie Séoudite.
Abdelaziz Benabdellah : Royaume du Maroc.
Ahmed Abdus-Salam : Pakistan
Abdelhadi Tazi : Royaume du Maroc.
Faut Sesguin : Turquie.
Mohamed Bahjat Al-Athari : Irak
Abdellatif Berbich : Royaume du Maroc.
Mohamed Larbi Al-Khattabi : Royaume du Maroc.
Le Cardinal Bernardin Gantin : Vatican

Mahdi Elmandjra : Royaume du Maroc
Ahmad Dhubaib : Royaume d'Arabie Séoudite.
Mohamed Allal Sinaceur : Royaume du Maroc.
Ahmad Sidki Dajani : Palestine.
Mohamed Chafik Royaume du Maroc.
Lord Chalfont : Royaume-Uni
Mohamed Mekki Naciri · Royaume du Maroc
Abdellatif Filali : Royaume du Maroc.
Amadou Mokhtar M'Bow : Sénégal
Abou-Bakr Kadiri : Royaume du Maroc.
Haj Ahmed Benchekroun : Royaume du Maroc.
Abdellah Chakir Guercifi : Royaume du Maroc.
Jean Bernard : France.
Alex Haley : U.S.A
Robert Ambroggi : France
Azzedine Laraki : Royaume du Maroc
Alexandre de Marenches : France.
Donald S.Fredrickson : U.S.A.
Roger Garaudy : France
Abdelhadi Boutaleb Royaume du Maroc
Idriss Khalil Royaume du Maroc.
Abbas Al-Jirari : Royaume du Maroc.
Pedro Ramirez-Vasquez : Mexique.
Haj Ahmadou Ahidjo : Cameroun
Boris Piotrovsky : U.R.S.S.
Mohamed Farouk Nebhane : Royaume du Maroc.
Abbas Al-Kaissi : Royaume du Maroc.
Abdellah Laroui : Royaume du Maroc.
Abdellah Alfayçal : Royaume d'Arabie Séoudite.
René Jean Dupuy : France.

MEMBRES CORRESPONDANTS

Alfonso De la Serna : Royaume d'Espagne.
Richard B.Stone : U.S.A.
Charles Stockton : U.S.A.
M. Hidayatullah : Inde

Secrétaire Perpétuel : Abdellatif Berbich
Chancelier : Mohamed Larbi Khattabi
Directeur des Séances : Azzedine Laraki

Commission des Travaux : Abdellatif Berbich, Mohamed Larbi Khattabi, Azzedine Laraki, Mohamed Bencharifa, Mohamed Mekki Naciri, Idriss Khalil.

Commission Administrative : Mbdellatif Berbich, Mohamed Larbi Al-khattabi Mohamed Chafik, Abou Bakr Kadiri, Abbas Al Jirari.

Direction Sientifique
Mustapha Kabbaj